

МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ В ЗАДАЧАХ ДИАГНОСТИКИ

Предложен подход к моделированию сложных систем. Он основан на построении диагностических моделей. Это позволяет устранить ряд проблем, связанных с невозможностью создания адекватных моделей сложных систем. Приведен пример энтропийной диагностической модели сложной системы. При этом сложную систему описывают в виде случайного вектора. В качестве модели используется дифференциальная энтропия случайного вектора. Приведен пример практической реализации модели для исследования динамики макроэкономической системы.

Ключевые слова: сложная система, модель, энтропия, многомерная случайная величина, стохастическая система, дисперсия, корреляция.

В настоящее время расширяется количество задач, связанных с исследованием сложных систем. При этом одной из главных проблем эффективного управления сложными системами является их моделирование. Хорошо известно, что невозможно полностью смоделировать поведение сложных систем. Сложные системы многогранны, определяются множеством различных показателей, затрудняющих выбор единого критерия эффективности управления. Они характеризуются тем, что взаимодействие их элементов нельзя или крайне затруднительно представить в явном виде. Еще одним затруднением при моделировании является проблема разнородности входной

информации о функционировании различных элементов. Поэтому представляется актуальным поиск путей построения адекватных моделей сложных систем.

Моделирование сложных систем

Математическая модель должна вместить в себе все это разнообразие элементов и связей сложной системы. Поэтому выбор эффективного метода математического моделирования является одним из основополагающих для такого рода систем.

Формально сложными системами занимается системный анализ. Согласно общей концепции системного анализа модель сложной системы должна учитывать общесистемные закономерности [1]. Однако, несмотря на большое количество работ, сегодня так и не создано общей теории моделирования сложных систем. Рассмотрим проблематику системного моделирования на примере учебника [2]. Авторы приводят следующие рекомендации по практическому применению положений общей теории систем:

- 1) надо опираться на основные понятия теории систем и философские концепции, лежащие в основе исследования общесистемных закономерностей;
- 2) надо производить структуризацию целей;
- 3) основной методикой применения системного анализа является постепенная формализация частных задач;
- 4) целесообразно проводить рекур-

сивное улучшение частных моделей;

5) адекватность частных моделей должна доказываться последовательно по мере их формирования.

Суть подхода заключается в формализации частных моделей. Однако здесь нет системных и конструктивных рекомендаций для движения от частного к общему. Поэтому он вряд ли может иметь широкое практическое применение: ни одна частная модель не может быть адекватна абсолютно, и новый класс сложных систем потребует решения новой частной задачи.

В работе [3] автор, касаясь вопроса описания объекта моделирования как наиболее важного этапа построения модели сложной системы выделяет следующие моменты:

1) выбор показателей качества, отражающих цели моделирования;

2) определение управляющих переменных, выбор состава контролируемых характеристик объекта моделирования;

3) детализация описания функционирования системы;

4) представление информации о воздействии внешней среды.

Одной из серьезных проблем при исследовании сложных систем становится определение уровня ее детализации, т.к. попытка максимально приблизить модель к объекту исследования – бессмысленна. Это отмечает Г.Б. Клейнер: «Современный уровень развития математического моделирования практически не позволяет сколько-нибудь адекватно моделировать реальные объекты» [4]. Схожую точку зрения высказал В.В. Налимов, отмечая неоднозначность математического моделирования плохо организованных систем, он указывал, что моделирование возможно лишь при ослаблении требований к его математическому описанию [5].

Поэтому нужно каким-то образом найти компромисс между общим и частным и перейти к некоторой формальной модели. Идеи поиска этого компромисса,

можно увидеть в основных принципах системологии, приведенных Б.С. Флейшманом в [6]. Это: 1) формирование законов; 2) рекуррентное объяснение; 3) минимаксное построение моделей.

По первому принципу, постулируются осуществимые модели, а из них в виде теорем выводятся законы сложных систем. И несоответствие реальной сложной системы закону говорит о том, что эта система не соответствует тому классу моделей, для которых выведен закон.

Второй принцип – это объяснение явлений на более высоком уровне явлениями на низких уровнях системы, т.е. свойства системы определенного уровня логически выводятся на основе свойств элементов и связей между ними, согласно первому принципу. Это довольно ослабленное объяснение, т.к. постулируемая модель может быть не адекватной реальной системе, и при рекуррентном описании это никак не корректируется.

Минимаксное построение моделей заключается в том, что теория должна состоять из простейших моделей нарастающей сложности или, в минимаксной терминологии, грубая модель более сложной системы может оказаться проще более точной модели более простой системы.

Следовательно, по Б. С. Флейшману, возможности построения теории сложных систем связаны с возможностями построения их простых оптимизационных моделей. Как справедливо указывает Г. Я. Гольдштейн [7], «построенная таким образом теория будет страдать неизбежными принципиальными пороками: оценочным характером простых моделей и неизбежным стохастическим характером выводов, достоверность которых будет определяться допустимой грубостью оценок».

Таким образом, имеем основные проблемы системного моделирования. Во-первых, нужно каким-то образом формализовать первую, достаточно простую математическую модель. Такая модель

должна быть [8]:

- 1) простой и понятной пользователю;
- 2) целенаправленной;
- 3) надежной в смысле гарантии от абсурдных ответов;
- 4) удобной в управлении и обращении, т.е. общение с ней должно быть легким;
- 5) полной с точки зрения возможности решения главных задач;
- 6) адаптивной, позволяющей легко переходить к другим модификациям или обновлять данные;

7) допускающей постепенные изменения, т.е. будучи вначале простой, она может становиться все более сложной.

Во-вторых, данный подход не учитывает требования, чтобы математическая модель сложной системы учитывала общесистемные закономерности, к которым относят целостность, аддитивность, изолированность, коммуникативность, идентифицируемость, множественность, наблюдаемость, неопределенность, отображаемость, нетождественность отображения, иерархичность, эквивалентность, закон «необходимого разнообразия», историчность, закономерность самоорганизации [2, 9].

Ввиду невозможности построения адекватной модели для сложной системы рассмотрим проблему по-иному. Исследуем сложную систему как объект моделирования с позиций диагностики. Считаем, что для нас достаточно лишь достоверно оценить состояние системы, т.е. рассмотрим задачу диагностики. Для ее решения необходимо построить диагностическую модель.

В диагностической модели должна в определенной форме выражаться связь измеряемого вектора признаков x с тестируемым свойством, которое в дальнейшем будет обозначаться как y [10]. Т.е. должен быть раскрыт механизм преобразования $y=f(x)$. Первое предъявляемое к модели требование – конечный результат должен быть максимально точ-

ным и надежным. Второе требование – лаконичность и интерпретируемость способа получения конечного результата. Указанные требования находятся в тесной взаимосвязи. Чем более экономно по форме и содержательно по смыслу преобразование $y=f(x)$ при соблюдении заданной точности модели, тем более общие закономерности структуры экспериментальных данных вскрывает используемая модель и, значит, тем более устойчива и надежна количественная оценка диагностируемого показателя, получаемая с помощью преобразования $f(x)$. Таким образом, от диагностической модели не требуется максимальной адекватности описания исследуемого объекта в целом. Она предназначена лишь для описания степени отклонения технического состояния объекта от нормы.

Следует отметить, что диагностические модели эффективно применяются не только при оценке технического состояния, но и при исследовании организационных систем. Так, диагностические модели, как показано в [11], помогают: 1) упорядочить данные об организации; 2) улучшить понимание организационных проблем; 3) систематически интерпретировать данные; 4) разрабатывать подходящие стратегии изменений.

Построение диагностической модели фактически включает в себя две задачи. Во-первых, требуется определить вид функции $f(x)$. После установления или задания вида модели объекта решают задачу определения неизвестных параметров модели.

Таким образом, математическое моделирование сложной системы предлагается заменить на несколько задач построения диагностических моделей. В каждой из этих задач сложную систему уже можно формализовать на основе соответствующего тестируемого свойства y .

Рассмотрим примеры диагностических моделей сложных систем.

Дифференциальная энтропия как математическая модель сложной системы

Сложные системы в экономике, как правило, имеют стохастический характер поведения и являются многомерными.

Рассмотрим предложенный энтропийный подход для моделирования многомерных стохастических систем [12]. Он основан на введенной К.Шенноном [13] дифференциальной энтропии многомерной случайной величины $\mathbf{Y} = (Y_1, Y_2, \dots, Y_m)$ с плотностью распределения $p_Y(x_1, \dots, x_m)$ равной.

$$H(\mathbf{Y}) = - \int_{-\infty}^{+\infty} \dots \int_{-\infty}^{+\infty} p_Y(x_1, x_2, \dots, x_m) \ln p_Y(x_1, x_2, \dots, x_m) dx_1 dx_2 \dots dx_m. \quad (1)$$

В частном случае для одномерной непрерывной случайной величины X дифференциальная энтропия определяется по формуле

$$H(X) = - \int_{-\infty}^{+\infty} p_X(x) \ln p_X(x) dx,$$

где $p_X(x)$ – плотность распределения случайной величины X .

Представим сложную стохастическую систему S в виде многомерной непрерывной случайной величины $\mathbf{Y} = (Y_1, Y_2, \dots, Y_m)$, имеющей некоторую совместную плотность распределения $p_Y(x_1, \dots, x_m)$. Каждый элемент Y_i этого вектора является одномерной случайной величиной, которая характеризует функционирование соответствующего элемента исследуемой системы. Элементы могут быть как взаимозависимыми, так и не зависеть друг от друга.

Для гауссовского случайного вектора получено [14] представление дифференциальной энтропии (1) в виде

$$H(\mathbf{Y}) = \sum_{i=1}^m H(Y_i) + \frac{1}{2} \ln |\mathbf{R}|, \quad (2)$$

где $H(Y_i) = \frac{1}{2} \ln[(2\pi e) \sigma_{Y_i}^2]$, $\sigma_{Y_i}^2$ – дисперсия случайной величины Y_i , $\mathbf{R}$ – корреляционная матрица случайного нормально распределенного вектора $\mathbf{Y}$, – определитель матрицы $\mathbf{R}$.

Для общего случая случайного вектора $\mathbf{Y}$ с произвольным распределением получено соотношение [12]:

$$H(\mathbf{Y}) = \sum_{i=1}^m \ln \sigma_{Y_i} + \sum_{i=1}^m \kappa_i + \frac{1}{2} \sum_{k=2}^m \ln(1 - R_{Y_k/Y_1 Y_2 \dots Y_{k-1}}^2), \quad (3)$$

где $\kappa_i = H\left(\frac{Y_i}{\sigma_{Y_i}}\right)$ – энтропийный показатель типа закона распределения случайной величины Y_i , $i = 1, 2, \dots, m$; – индексы детерминации регрессионных зависимостей между компонентами случайного вектора $\mathbf{Y}$, $k = 2, 3, \dots, m$.

Первые два слагаемых в (3)

$H(\mathbf{Y})_Y = \sum_{i=1}^m \ln \sigma_{Y_i} + \sum_{i=1}^m \kappa_i$ названы энтропией хаотичности, а третье

$H(\mathbf{Y})_R = \frac{1}{2} \sum_{k=2}^m \ln(1 - R_{Y_k/Y_1 Y_2 \dots Y_{k-1}}^2)$ – энтропией самоорганизации.

Достоинством формулы (3) является то, что энтропийное моделирование многомерных стохастических систем на ее основе не требует знания или определения закона распределения многомерной случайной величины $\mathbf{Y}$, что практически нереализуемо в реальных задачах. При этом в отличие от методов многомерного статистического анализа здесь не теряется формальная строгость и соответствие модели (3) реальным экспериментальным данным. Это позволяет использовать формулу 3) для моделирования и исследования реальных многомерных стохастических систем и процессов по экспериментальным данным ограниченного объема.

Согласно (1), параметрами энтропийной модели являются:

– средние квадратические отклонения σ_{Y_i} компонент Y_i ,

– энтропийные показатели κ_i законов распределений, $i = 1, 2, \dots, m$,

– индексы детерминации $R_{Y_k/Y_1 Y_2 \dots Y_{k-1}}^2$ регрессионных зависимостей между компонентами случайного вектора $\mathbf{Y}$, k

= 2, 3, ..., m .

Пример. Исследуем макроэкономическую систему в виде набора важных социально-экономических показателей субъектов РФ за 2000–2014 годы, взятых с сайта Росстата <http://www.gks.ru/>: Y_1 – естественный прирост населения на 1000 человек населения, чел.; Y_2 – ожидаемая продолжительность жизни при рождении, лет; Y_3 – уровень безработицы, %; Y_4 – среднедушевые денежные доходы, тыс. руб. (в ценах 2000 года); Y_5 – средний размер назначенных пенсий, тыс. руб. (в ценах 2000 года); Y_6 – об-

щая площадь жилых помещений, приходящаяся в среднем на одного жителя на конец года, кв. м.; Y_7 – численность населения на одного врача на конец года, чел.; Y_8 – число зарегистрированных преступлений на 100000 человек населения, ед.; Y_9 – индекс потребительских цен (декабрь к декабрю предыдущего года), ед. Для обеспечения статистической устойчивости из выборки были удалены 10% регионов с аномальными наблюдениями, а также с пропущенными данными. Результаты расчетов – в табл. 1.

Таблица 1

Энтропия системы макроэкономических показателей по годам

Годы	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
$H(Y)_V$	11, 30	11, 85	11, 91	12, 11	12, 31	13, 12	12, 65	13, 10
$H(Y)_R$	-3, 38	-3, 30	-2, 96	-3, 75	-3, 69	-3, 59	-3, 18	-3, 36
$H(Y)$	7, 93	8, 55	8, 95	8, 36	8, 61	9, 54	9, 47	9, 74
Годы	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
$H(Y)_V$	13, 11	13, 19	12, 68	12, 49	12, 16	12, 33	12, 89	
$H(Y)_R$	-3, 49	-3, 42	-3, 60	-3, 63	-3, 67	-3, 53	-3, 39	
$H(Y)$	9, 62	9, 77	9, 07	8, 87	8, 49	8, 80	9, 50	

Из табл. 1 видим, что в 2000–2008 годах энтропия $H(Y)$ росла, что соответствовало периоду экономического роста. Затем до 2012 года видим уменьшение, вызванное последствиями мирового экономического кризиса. Рост энтропии в 2013 году можно объяснить стабилизацией экономики. На первый взгляд неожиданный рост в 2014 году вызван увеличением энтропии хаотичности за счет роста вариации региональных показателей. Этот рост вызван разным влиянием на регионы секторальных санкций, в одних случаях оно весьма значительно, в других – оказалось не существенным.

Адекватная модель сложной системы должна объяснять поведение исследуемой системы, удовлетворять общесистемным

закономерностям и позволять осуществлять воздействия на систему с помощью управляющих переменных. Рассмотрим соотношение (2) с этих позиций.

1. *Наличие основных системных закономерностей.*

Модель (2) должна в том или ином виде описывать основные системные закономерности. Рассмотрим каждую их них.

Целостность и аддитивность. Закономерность *целостности* проявляется в системе в возникновении новых обобщающих качеств, не свойственных образующим ее элементам. Двумя сторонами целостности являются:

– свойства системы (целого) Q не являются суммой свойств элементов (частей) q_i : $Q \neq \sum_{i=1}^n q_i$;

– свойства системы зависят от свойств ее элементов: $Q = f(q_1, \dots, q_n)$.

Энтропия удовлетворяет данной закономерности, поскольку $H(\mathbf{Y}) \neq \sum_{i=1}^m H(Y_i)$ и $H(\mathbf{Y}) = f(H(Y_1), H(Y_2), \dots, H(Y_m))$.

Закономерностью, двойственной по отношению к целостности, является *аддитивность* – рассмотрение целостного объекта как состоящего из частей. В случае абсолютной аддитивности система представляется распавшейся на независимые элементы, т.е. . В этом крайнем случае говорить о системе как таковой нельзя.

Для энтропии (2) абсолютная аддитивность достигается при $|\mathbf{R}| = 1$, что соответствует взаимной независимости случайных величин $Y_1, Y_2, \dots, Y_m$.

Очевидно, что любая система всегда находится между крайними состояниями абсолютной целостности и абсолютной аддитивности, и ее состояние можно охарактеризовать степенью проявления этих свойств.

Изолированность и коммуникативность. Закономерность *изолированности* состоит в том, что совокупность объектов, образующих систему, и связи между ними можно ограничить от их окружения и рассматривать изолированно. *Коммуникативность* – это двойственная закономерность относительно изолированности системы. Она характеризует взаимосвязанность системы со средой.

Очевидно, что влияние среды на систему, описываемую выражением (2), заключается в изменении числовых характеристик многомерного нормального распределения, к которым относят вектор математических ожиданий $\mathbf{a}$ и ковариационную матрицу Σ .

Идентифицируемость. Каждый элемент системы может быть отделен от других составляющих, то есть идентифицирован. Очевидно, что по имеющимся выборочным данным можно оценить все числовые характеристики каждой компоненты Y_i многомерного вектора $\mathbf{Y}$.

Множественность. Каждый элемент системы обладает собственным поведением и состоянием, отличным от поведения и состояния других элементов и системы в целом. Данная закономерность также учитывается в энтропийной модели, поскольку каждый элемент системы описывается отдельной случайной величиной.

Наблюдаемость. Все без исключения входы и выходы системы либо контролируются наблюдателем, либо наблюдаемы. В данном случае каждая компонента случайного вектора моделирует конкретную подсистему, которая является наблюдаемой.

Неопределенность. Наблюдатель не может одновременно фиксировать все свойства и отношения элементов системы и именно с целью их выявления осуществляет исследование.

Отображаемость и нетождественность отображения. С одной стороны, модель должна отражать все свойства и отношения исследуемой системы, которые нужны для решения задачи (*отражаемость*). А с другой, любая модель, в том числе энтропийная, не тождественна исследуемому объекту (*нетождественность отображения*).

Иерархичность системы заключается в том, что более высокий иерархический уровень оказывает направляющее воздействие на нижележащий уровень, подчиненный ему. В результате подчиненные члены иерархии приобретают новые свойства, отсутствовавшие у них в изолированном состоянии. Данную закономерность применительно к энтропийной модели (2.3) можно интерпретировать следующим образом. Каждая компонента Y_i , в свою очередь, может являться многомерной системой и состоять из собственных элементов.

Эквифинальность (потенциальная эффективность) характеризует предельные возможности систем. Применительно к открытой системе – это ее способность (в

отличие от состояний равновесия в закрытых системах, полностью детерминированных начальными условиями) достигать не зависящего от времени состояния, которое не зависит от ее исходных условий и определяется исключительно параметрами системы. В энтропийной модели под воздействием внешней среды система за счет изменения своих параметров ($\mathbf{a}$, Σ) может варьировать свои свойства в пределах от абсолютно аддитивной до абсолютно целостной.

Закон «необходимого разнообразия». Создаваемая система должна иметь (способна создать в себе) разнообразие не менее, чем разнообразие решаемой проблемы. Применительно к энтропийной модели данная закономерность обеспечивается за счет того, что, варьируя параметры модели, можно получить любое состояние многомерной системы $\mathbf{Y}$.

Историчность. Любая система в процессе функционирования должна изменяться. Энтропийная модель обеспечивает данную закономерность за счет изменения своих параметров, например, под воздействием внешней среды.

Закономерность самоорганизации. Во всех явлениях имеет место дуализм. С одной стороны, справедлив второй закон термодинамики, то есть стремление к возрастанию энтропии, к распаду, дифференциации, а с другой, наблюдаются

негэнтропийные тенденции, лежащие в основе эволюции, развития.

Модель (2) объясняет как рост энтропии, так и ее уменьшение. Рост (снижение) энтропии достигается за счет увеличения (уменьшения) дисперсий компонент Y_i и определителя $|\mathbf{R}|$ корреляционной матрицы.

2. Наличие управляющих переменных.

Воздействие на систему в рамках энтропийной модели осуществляется с помощью изменения параметров формулы (2). К таким параметрам следует отнести дисперсии $\sigma_{Y_i}^2$ случайных величин Y_i и коэффициенты парной корреляции $r_{Y_i Y_j}$ между случайными величинами Y_i и Y_j , $i, j = 1, 2, \dots, m$.

Таким образом, установили, что энтропийная модель (2) удовлетворяет всем признакам модели сложной системы и может использоваться для ее описания и эффективного управления. Аналогично показывается адекватность соотношения (3) для моделирования сложных систем.

Выводы

1. Показано, что использование диагностических моделей позволяет формализовать процедуру моделирования сложных систем.

2. Энтропийная модель удовлетворяет всем признакам модели сложной системы и может использоваться для ее адекватного описания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Прангишвили И.В. Энтропийные и другие системные закономерности: Вопросы управления сложными системами. – М.: Наука, 2003. 428 с.
2. Волкова В.Н., Денисов А.А. Основы теории систем и системного анализа. – СПб: Изд-во СПбГТУ, 1999. 512 с.
3. Антонов А.В. Системный анализ. – М.: Высшая школа, 2004. 454 с.
4. Клейнер Г.Б. Системное моделирование микроэкономических объектов // Системный анализ в экономике: Сб. науч. тр. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2001. С. 186–203
5. Налимов В.В. Теория эксперимента. – М.: Наука, 1971. 215 с.
6. Флейшман Б.С. Основы системологии. – М.: Радио и связь, 1982. 368 с.
7. Гольдштейн Г.Я. О несистемности общей теории систем // Известия ТРТУ. 2004. № 4(39). С. 71–75.
8. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука: Пер. с англ. – М.: Мир, 1978. 420 с.
9. Фон Берталанфи Л. История и статус общей теории систем // Системные исследования: Ежегодник: Пер. с англ. – М.: Наука, 1973. С. 20–37.

10. Биргер И.А. Техническая диагностика. – М.: Наука, 1978. 239 с.
11. Lok P., Crowford J. The Application of a Diagnostic Model and Surveys in Organizational Development // Journal of Managerial Psychology. 2000. V. 15. № 2. P. 108–125.
12. Тырсин А.Н. Энтропийное моделирование многомерных стохастических систем. – Воронеж: Издательство «Научная книга», 2016. 156 с.
13. Shannon C.E. A Mathematical Theory of Communication // The Bell System Technical Journal, 1948, Vol. 27. P. 379–423, 623–656.
14. Тырсин А.Н., Соколова И.С. Энтропийно–вероятностное моделирование гауссовских стохастических систем // Математическое моделирование. 2012. Т. 24. №1. С. 88–103.

ԲԱՐԴ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐԻ ՄՈԴԵԼԱՎՈՐՈՒՄԸ ԴԻԱԳՆՈՍՏԻԿԱՅԻ ԽՆԴԻՐՆԵՐՈՒՄ

ԱԼԵԿՍԱՆԴՐ ՏԻՐՍԻՆ

Ռուսաստանի դաշնության Ռուսաստանի առաջին նախագահ Բ.Ն Ելցինի անվան Ուրալի ֆեդերալ համալսարան, Ուրալի Էներգետիկայի ինստիտուտի կիրառական մաթեմատիկայի ամբիոնի վարիչ, տեխնիկական գիտությունների դոկտոր, դոցենտ

ԳԱՌՆԻԿ ԳԵՎՈՐԳՅԱՆ

Ռուսաստանի դաշնության Ռուսաստանի առաջին նախագահ Բ.Ն Ելցինի անվան Ուրալի ֆեդերալ համալսարան, Ուրալի Էներգետիկայի ինստիտուտի կիրառական մաթեմատիկայի ամբիոնի ասպիրանտ

Առաջարկված է բարդ համակարգերի մոդելավորման եղանակ, որը հիմնված է դիագնոստիկ մոդելների կառուցման վրա: Այն թույլ է տալիս հաղթահարել մի շարք խնդիրներ՝ կապված բարդ համակարգերի ճշգրիտ մոդելների ստեղծման անհնարինության հետ: Ներկայացված է բարդ համակարգի էնթրոպիական դիագնոստիկայի մոդելի օրինակ: Ընդ որում, բարդ համակարգը նկարագրվում է պատահական վեկտորի տեսքով: Որպես մոդել դիտարկվում է պատահական մեծության դիֆերենցիալ էնթրոպիան: Բերված է մոդելի գործնական իրականացման օրինակ՝ մակրոէկոնոմիկական համակարգի դինամիկայի ուսումնասիրության համար:

THE MODELING OF COMPLEX SYSTEMS IN PROBLEMS OF DIAGNOSIS

ALEKSANDR TIRSIN

*The Ural Federal University Named after the Russian President Boris Yeltsin, RF
The Ural Power Engineering Institute, Head of the Department of Applied Mathematics
Doctor of Technical Sciences, Associate Professor*

GARNIK GEVORGYAN

*The Ural Federal University Named after the Russian President Boris Yeltsin, RF
The Ural Power Engineering Institute, Department of Applied Mathematics, Postgraduate*

Hereby an approach is proposed for modeling complex systems, based on the diagnostic models construction. This allows to eliminate a number of issues associated with the impossibility of creating proper models of complex systems. The example is provided for entropy diagnostic model of the complex system, where it is described as a random vector. The differential entropy of the random vector is used as a model. An example for the practical implementation of the model in the study of macroeconomic system dynamics is being discussed.