

УДК 378:37.01:007

ИЗУЧЕНИЕ СИСТЕМНОЙ ДИНАМИКИ КАК ИНСТРУМЕНТ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНТНОСТИ МЕНЕДЖЕРА И ИССЛЕДОВАТЕЛЯ

© 2012

О.Н. Ярыгин, кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры «Менеджмент организации»
Е.С. Роганов, аспирант

Тольяттинский государственный университет, Тольятти (Россия)

Ключевые слова: системная динамика; компетентность менеджера; моделирование систем; управление организационной системой; обратные связи.

Аннотация: В работе обосновывается необходимость расширенного внедрения системной динамики и имитационного моделирования в современное высшее образование в различных областях знания. Описываются основные принципы системной динамики и системы моделирования, требующиеся в образовании, менеджменте и экономике.

Введение. В современном российском высшем образовании наметился пробел, состоящий в недостаточном изучении будущими специалистами и исследователями явлений, происходящих в недетерминированных динамических системах, присущих таким областям знаний как экономика и менеджмент. Вследствие этого у менеджеров и экономистов формируется неполная управленческая компетентность, характеризующаяся наличием устаревших ментальных и математических моделей, на основании которых они будут принимать управленческие решения. Управленческая компетентность современного менеджера должна обеспечивать эффективные решения в условиях неполной информации и быстрого изменения ситуаций. При этом важно иметь ввиду, что изменения могут носить не только параметрический, но и структурный характер, когда для принятия решения требуется не только новый расчет, но и радикальное изменение используемой модели процесса или объекта.

В качестве методологической основы формирования управленческой компетентности предлагается моделирование сложных систем в различных областях деятельности (организаций, предприятий, бизнес-процессов). Ввиду сложности и динамичности структуры и взаимодействий компонентов рассматриваемых систем особое внимание требуется к развитию компетентности в имитационном моделировании и ситуационном управлении. Современные подходы к решению проблем в данном направлении связаны с математическим и компьютерным моделированием систем и возникающих в них ситуаций. Такой подход позволяет не только выявлять недостатки производственных и экономических систем на этапе их проектирования, но и совершенствовать существующие системы, за счет выявления узких мест и неэффективных процессов.

В монографии В.А. Путилова и А.В. Горохова [5] приводятся результаты обследования проведенного среди членов Американского общества исследования операций, посвященного оценке полезности научных методов в их исследовательской деятельности (табл. 1). В таблице 2 показана относительная частота использования тех же научных методов в управлении экономическими и организационными системами [5].

Таблица 1
Оценка специалистами полезности методов исследования в менеджменте и экономике

Теория вероятностей	0,182
Экономический анализ	0,150
Имитационное моделирование	0,143
Линейное программирование	0,120
Управление запасами	0,097
Теория систем массового обслуживания	0,085
Теория расписаний	0,072
Прочие	По 0,01-0,03

Таблица 2
Методы наиболее часто используемые во внутрифирменном планировании

Имитационное моделирование – системная динамика	29%
Линейное программирование	21%
Теория расписаний	14%
Управление запасами	12%
Нелинейное программирование	8%
Прочие	по 1-2%

Как видим и здесь наблюдается соотношение Парето 80:20, при котором 80% применения охватывает лишь пятая часть распространенных дисциплин. При этом в обоих случаях системная динамика и имитационное моделирование оказываются в этой лидирующей группе. Представленные данные и обширная англоязычная научная и учебная литература по системной динамике и имитационному моделированию показывают все более расширяющееся применение их как методов решения проблем в различных областях человеческой деятельности.

В России последние десятилетия возникают проблемы с использованием традиционных методов эконометрики: разрежены статистические данные, методы прогнозирования дают противоречивые результаты. Преодоление проблем возможно за счет внедрения системно-динамической методологии исследований. Необходимо профессиональная структуризация проблематики и новый подход в менеджменте, опирающийся на менталитет лиц, принимающих решение, а также на знание происходящих в современной экономике России процессов. Для решения описанных проблем необходимо широкое внедрение системной динамики в образовательные процессы высшей школы (как в виде методологии, так и в виде преподаваемых дисциплин), а так же в подготовку научных и научно-педагогических кадров в России.

«Системно-динамическое моделирование нацелено на концептуализацию и структуризацию проблем, достижение понимания происходящих процессов, методы системной динамики должны стать основой мышления стратегических управленцев. ...Системная динамика предлагает парадигму, методологию и технологический подход, отличный от традиционного, это позволяет анализировать сложную динамику, нестационарную экономическую систему при переходных процессах» [2].

Разработкой моделей сложных систем на основе системной динамики в Российской Федерации занимаются немногочисленные университеты и научно-исследовательские институты МГУ, МГИМО, НИИСИ, МИФИ, в Украине - Институт кибернетики им.В.М. Глушкова АН Украины и другие. В 1992 г. был организован Институт системного анализа РАН (ИСА РАН), а в марте 1996 г. в Москве был учрежден Международный комитет по общим системам [2]. На сегодня области применения си-

стемной динамики расширились до проблем образования, здравоохранения, энергетических и экологических систем, проблем устойчивого развития городов, социальной политики, чрезвычайных ситуаций и других областей. В российских научных школах имеется серьезный задел по региональным и территориальным системам, экологическому регулированию и многим другим.

Однако в сравнении с распространением методов системной динамики в экономических, прикладных и образовательных системах Россия явно отстает от ведущих экономических стран Америки и Европы. За полвека развития в США (МТИ) системная динамика широко внедрилась в исследовательские направления и в образование в ведущих университетах. В США преподавание системной динамики включается на различных уровнях образования от начального до высшего через среднее 12-летнее образование [27]. Аналогичная картина наблюдается в европейской высшей школе (Бернский университет (Швейцария), Бергенский университет (Норвегия), университеты Германии и Австрии, программы среднего образования Австрии и др.). На сегодня её распространение захватывает среднюю школу и в европейской системе образования. Например, в Австрии обучение системной динамике вводилось во время реформы математической программы для 9-й–12-й ступени реальной гимназии. На 11 ступени вводился предмет *Untersuchung vernetzter Systeme* (Исследование взаимосвязанных систем) в рамках которого обучающиеся 11 ступени должны получать способности системного мышления посредством анализа систем из различных областей, таких как экономика, экология, или физика [28].

Описанная ситуация показывает, что системная динамика становится необходимым и признанным элементом подготовки будущих специалистов и исследователей в современной социально-экономической реальности. Поэтому и ставится вопрос о расширении преподавания и применения рассматриваемых методов системной динамики и имитационного моделирования в российской системе высшего образования.

Системная динамика как методология исследования сложных систем. Современная системная динамика является развитием системного подхода, получившего широкое распространение в исследованиях сложно структурированных явлений и объектов в различных областях деятельности.

«Термин «системный подход» стал очень популярным. Термин подразумевает наблюдение, изучение, обсуждение систем, понимание их важности. Но в общем случае он не является видом количественного и использующего имитационное моделирование динамического анализа, который приводит к пониманию поведения. Системный подход может быть ключом к системной динамике. Опасность исходит от людей, полагающих, что на системном подходе все и заканчивается. Системный подход только делает ум более «чувствительным», обращая наше внимание на жизнь систем. Некоторые люди убеждены, что они многое узнали именно на стадии системного подхода. Но они прошли, быть может, только 5 процентов пути к пониманию системы. Остальные 95 процентов – это структурирование системно-динамических моделей и проведение на этих моделях вычислительных экспериментов. Только вычислительный эксперимент может обнаружить существующую несогласованность в наших умственных моделях. Системный подход может быть первым шагом к пониманию динамики сложных проблем, но этого не достаточно» [7].

Для определения методов исследования систем классифицируем их по двум категориям: детерминированности-недетерминированности и статичности-динамичности (таблица 3). Такая категоризация систем позволяет прояснить само понимание сложности системы и выделить область применения системной динамики и имитационного моделирования. При всей относительности деления систем (и их моделей) на сложные и не являющиеся таковыми, можно выявить отличительные черты сложных систем и, следовательно, определить какие научные дисциплины и методы требуется изучать и разрабатывать для повышения компетентности в аналитической деятельности.

Таблица 3

Классификация исследуемых систем

Системы (модели)	Статические	Динамические	
Детерминированные	Все внешние факторы (параметры воздействий на систему) <i>определены и постоянны</i> . Система поддается математическому моделированию. Сложность определяют: <i>высокая размерность, нелинейность, многокритериальность</i>	Часть внешних параметров или все являются известными функциями от времени. Состояние системы в каждый следующий момент зависит от состояния в предыдущий момент. Сложность определяют: <i>высокая размерность, нелинейность, многокритериальность, обратные связи, задержки реакций элементов, дискретность и непрерывность времени</i>	
Недетерминированные	Часть внешних параметров или все определены случайными величинами с заданными распределениями. Элементы системы могут быть описаны неточно, с использованием лингвистических переменных. Не определена относительная важность критериев. Недоопределена структура системы.	Непрерывные потоки в системе являются стохастическими с известными распределениями	
		Дискретные стохастические процессы	Сочетание многочисленных стохастических процессов с эмпирическими законами распределения, нелинейная динамика сложных петель обратной связи, необратимость изменений (бифуркации), стохастические временные задержки
		Временные ряды	

Заполнить пробел в этом направлении подготовки менеджеров и экономистов в российских университетах позволит внедрение в учебный процесс специализированных систем имитационного моделирования, которым в современных университетских программах в России уделяется недостаточно внимания.

Для эффективной аналитической деятельности в области недетерминированных динамических систем, как видно из таблицы 4, требуется владение такими теоретическими дисциплинами, которые характеризуются не столько изощренным математическим аппаратом, сколько новой методологией в изучении явлений. Таковой методо-

логией становится системная динамика.

да научного познания. Современный уровень развития

Таблица 4

Применяемый математический аппарат исследования моделей

Системы (модели)	Статические	Динамические	
Детерминированные	Алгебраические уравнения и системы уравнений; математическое программирование; сетевые модели теории графов; формальная логика и другие дисциплины дискретной математики; дифференциальное и интегральное исчисление; исследование операций.	Дифференциальные уравнения; рекуррентные формулы, разностные схемы; динамическое программирование	
Недетерминированные	Теория вероятностей, теория нечетких множеств и нечеткая логика, теория возможностей, аналитический иерархический и сетевой процессы, нейроподобные сети.	Теория массового обслуживания, теория случайных процессов, стохастические дифференциальные уравнения	
		Марковские процессы, метод Монте-Карло	Имитационное моделирование, дискретно-событийные модели, модели систем массового обслуживания, нелинейная динамика, теория катастроф, системная динамика

Следовательно, будущим компетентным исследователям и менеджерам требуется овладеть не столько математическими методами, соответствующими указанной области, сколько умением поставить задачи для математиков, владеющих этими дисциплинами. Дж.Форрестер [7,8], Дж. Стерман [18], П.Сенге [6], Д.Медоуз [10] показали эффективность системно-динамических моделей, использующих упрощенный математический аппарат, для исследования поведения сложных систем, прогнозирования их развития при тех или иных воздействиях извне или изнутри.

В работе «Системный подход и общесистемные закономерности», в которой излагаются «когнитивный, гомеостатический и синергетический подходы к решению сложных слабоструктурированных и слабоформализуемых задач различной природы и обсуждаются вопросы переноса знаний из одной области в другую», академик И.В. Прангишвили так описывает цель системно-динамического исследования: «предпринята попытка получить хоть какие-нибудь убедительные ответы на некоторые жизненно важные вопросы, порождаемые природой, обществом, техникой. Люди ищут ответы на такие фундаментальные вопросы, как причины возникновения в человеческом обществе конфликтов и войн, стихийных бедствий и экологических катастроф, периодического взлета и падения государственной мощи страны, появления и исчезновения государств, различных общественных формаций и др.» [4]. Исследования сложных систем, начиная с уровня предприятия [3,7], системы управления городом, образовательными системами [11, 13, 15, 16, 17 и др.], экологическими и общественно-экономическими системами [4,23,24,25] и кончая мировой динамикой [8,10], проводимые исследователями разных стран установили, что общесистемные закономерности являются ограничительными, предупреждающими, свидетельствующими о том, что есть явления и события недостижимые, наступления которых заведомо не следует добиваться.

Рассматривая столь сложные системы, современные исследователи сталкиваются с методологической проблемой современной науки в целом. Классическая парадигма научного познания, состоящая в изучении явления через создание его теоретической модели и проверки полученных результатов экспериментом, в современной науке уступает место новой парадигме, которую порождают возможности использования информационного моделирования в качестве нового фундаментального мето-

информационных технологий позволяет использовать информационные модели не только для проведения вычислительных экспериментов, с помощью которых можно проверить те или иные научные гипотезы. Современные информационные технологии позволяют строить модели на основе наблюдаемых данных и исследовать поведение и функционирование этих моделей, в результате чего могут быть выявлены эмерджентные свойства моделируемой системы, которые можно было бы выявить только в ходе эксперимента с реальной системой, или вовсе было бы невозможно обнаружить другими методами. Таким образом, информационное моделирование становится сегодня новым методом познания. Как пишет доктор технических наук, главный научный сотрудник Института проблем информатики РАН К.К. Колин «Можно утверждать, что в XXI веке в методологии науки будет не два основных метода познания - теория и физический эксперимент, а три: теоретические исследования, физические наблюдения и информационное моделирование на основе результатов физических наблюдений» [1]. Это принципиально новая ситуация в методологии науки: сначала проводятся наблюдения и измерения системы, затем по их результатам создается имитационная модель, и затем изучается модель системы, что дает новые знания о реальной системе и её поведении, без проведения дорогостоящих, опасных или вовсе невозможных экспериментов.

Метод имитационного моделирования находит все более широкое применение в методологии науки. При этом модели сложных систем должны отражать динамическое взаимодействие системы с внешней средой, обратные связи и временные задержки в реагировании системы и внешней среды, то системную динамику изучаемого явления.

По словам одного из создателей методологии системной динамики Д.Стермана: «Системная динамика – это подход имитационного моделирования, своими методами и инструментами позволяющий понять структуру и динамику сложных систем. Также системная динамика – это метод моделирования, использующийся для создания точных компьютерных моделей сложных систем для дальнейшего использования с целью проектирования более эффективной организации и политики взаимоотношений с данной системой. Вместе, эти инструменты позволяют нам создавать микромиры-симуляторы, где пространство и время могут быть сжаты и замедлены так, чтобы мы могли изучить последствия наших решений, быстро освоить методы и понять структуру сложных систем, спроектиро-

вать тактики и стратегии для большего успеха» [28].

Метод системной динамики основывается на четырех принципах:

Динамика поведения сколь угодно сложного процесса можно свести к изменению значений некоторых «уровней», а сами изменения регулировать «потоками» увеличивающими или снижающими эти уровни;

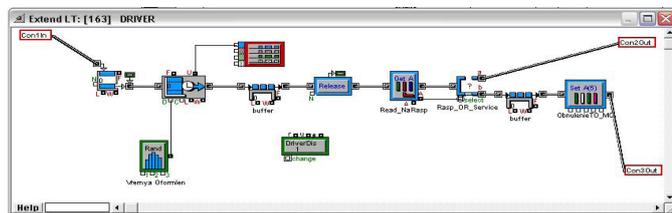
Все изменения в системах обуславливаются «петлями обратных связей», представляющих собой замкнутые цепи взаимодействий. Такая цепь связывает причину исходного действия с его результатом, изменяющим окружающую среду, которая, в свою очередь, влияет на причину действия;

Петли обратной связи в системе соединяются нелинейно, вследствие чего информация об уровнях системы влияет через обратные связи на сами уровни непропорционально и трудно предсказуемо;

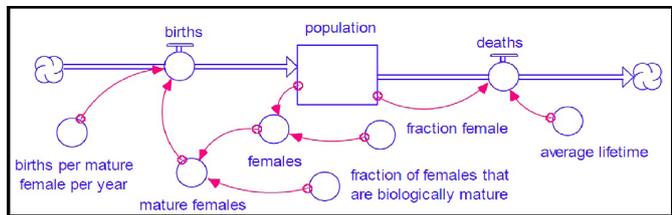
Системная динамика отражает нетривиальное поведение системы взаимодействующих уровней, потоков и обратных связей.

Системную динамику целесообразно применять тогда, когда оказываются неэффективными традиционные подходы, состоящие в попытке описать систему с помощью известного математического аппарата.

Системно-динамические модели занимают особое место в имитационном моделировании, наряду с дискретно-событийными и мультиагентными моделями. Если дискретно-событийное моделирование широко применимо в исследовании систем массового обслуживания, то системно-динамические модели предназначены для исследования поведения сложных систем, характеризующихся наличием обратных связей и временных задержек в реакциях системы на изменения параметров.



а) фрагмент дискретно-событийной модели системы массового обслуживания, построенная в системе Extend 4 [12]



б) системно-динамическая модель роста популяции, построенная в системе Stella [23]

Рис. 1. Модели сложных процессов в компьютерных системах моделирования

Системно-динамическое моделирование в большей степени соответствует системам с нелинейными причинно-следственными взаимосвязями, что заметно даже по виду моделей, представленных на рисунке 1а,б.

Наиболее перспективными для использования в учебном процессе являются системы ExtendSim, Stella, AnyLogic. Изучение имитационного моделирования и си-

стемной динамики с помощью указанных специализированных компьютерных систем показало свою эффективность во многих университетах. В Тольяттинском государственном университете имитационное моделирование применяется для исследования производственных и экономических систем [12].

Заключение. В современном российском высшем образовании и системе подготовки научных и научно-педагогических кадров наметилось отставание от ведущих мировых университетов в таком важном направлении как исследование сложных динамических систем в менеджменте и экономике. В направлениях «Менеджмент» и «Экономика» в университетах явно недостаточно изучаются такие дисциплины как системная динамика, нечеткая логика, имитационное моделирование. Для заполнения выявленного пробела требуется разработать методики преподавания и учебно-методические материалы по указанным дисциплинам, создание программных продуктов для обучения студентов с использованием информационных технологий. В качестве вывода из вышесказанного можно взять призыв отца системной динамики Дж.Форрестера: «Таким образом, я оставляю вам задачу уйти с плато и начать подниматься в горы, что маячат впереди. Мы должны быть в состоянии донести адекватное понимание поведения сложных систем в общество. Когда это будет достигнуто, мы будем готовы к созданию университетов, которые смогут обучать истинной профессии системной динамики» [9].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колин, К. К. Информационный подход в междисциплинарной перспективе: материалы дискуссии [Электронный ресурс] // Журнал вопросы философии. – http://vphil.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=103
2. Лычкина Н.Н. Ретроспектива и перспектива системной динамики. Анализ динамики развития. – М: ГУУ – ВШЭ, «Бизнес-информатика», № 3(09), 2009 г.
3. Лычкина Н.Н. Имитационные модели в процедурах и системах поддержки принятия стратегических решений на предприятиях - ГУУ – ВШЭ, «Бизнес-информатика», № 1, М., 2007 г.
4. Прангишвили, И. В. Системный подход и общесистемные закономерности. – М. : СИНТЕГ, 2000. – 528 с.
5. Путилов, В. А., Горохов А. В. Системная динамика регионального развития – Мурманск : Пазори, 2002. – 306 с.
6. Сенге П. Пятая дисциплина: искусство и практика самообучающихся организаций. – М. : Олимп-бизнес, 2003. – 408 с.
7. Форрестер Дж. Основы кибернетики предприятия (индустриальная динамика) – М: Прогресс, 1971.- 340 с
8. Форрестер Дж. Мировая динамика / СПб. : Terra Fantastica, 2003. – 379 с.
9. Форрестер Дж. «Системная динамика – персональный взгляд на первые и следующие 50 лет»// www.systemdynamics-russia.ru
10. Медоуз Д. и др. «Пределы роста. 30 лет спустя».- М., ИКЦ «Академкнига», 2007г.-342 с.
11. Ярыгин О.Н. Эмерджентные свойства аналитической деятельности: компетентность / Вектор науки ТГУ. – 2011. - 3(6). - С.343-346.
12. Ярыгин О. Н. Имитационное моделирование производственной деятельности предприятия – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2011-138 с.
13. Коростелев А.А. Стратиграфия уровней управления в социальных и образовательных системах // Вектор

- науки ТГУ. Серия: Педагогика, психология. - 2010.- №3. - с.75-78.
14. Денисова О.П. Основные цели и задачи аккредитации образовательного учреждения // Вектор науки ТГУ. Серия: Педагогика, психология. - 2012. - №1. - с.118-121
15. Дмитриев Д.А. Стратегия инновационного развития кадрового потенциала руководителей образовательных учреждений // Вектор науки ТГУ. Серия: Педагогика, психология. - 2011.- №3. - с.110-112
16. Коростелев А.А. Особенности регламентации аналитической деятельности в управлении образовательным учреждением // Вектор науки ТГУ. Серия: Педагогика, психология. - 2012.- №8. - с.192-195
17. Дмитриев Д.А. Использование информационных технологий в управлении образовательным учреждением // Вектор науки ТГУ. Серия: Педагогика, психология. - 2011.- №4. - с.87-90
18. Коростелев А.А. Особенности регламентации аналитической деятельности в управлении образовательным учреждением // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. Серия: Педагогика, психология. 2012. № 1. С. 192-195
19. Пудовкина Н.Г. Значение аналитической деятельности в управленческом цикле // Вектор науки ТГУ. Серия: Педагогика, психология. - 2011.- №4. - с.234-236
20. Коростелев А.А. Порядок осуществления аналитической деятельности внутришкольного управления // Вектор науки ТГУ. Серия: Педагогика, психология. - 2011.- №1. - с.88-92
21. Денисова О.П. Психологическая и профессиональная готовность специалистов к аттестации вуза // Вектор науки ТГУ. Серия: Педагогика, психология. - 2011. - №3. - с.105-110
22. Коростелев А.А. Особенности «пирамиды целей» в управлении образовательным учреждением // Вектор науки ТГУ. Серия: Педагогика, психология. - 2010. - № 2. - С. 67-71
23. Ford A. Modeling the Environment: An Introduction To System Dynamics Modeling Of Environmental Systems - Washington, Island Press, 2009 - 380 p.
24. Gharajedaghi J. Systems Thinking : Managing Chaos and Complexity : a Platform for Designing Business Architecture// Boston, Butterworth-Heinemann.- 1999.-308 p.
25. Hannon B., Ruth M. Dynamic Modeling of Diseases And Pests// New York, Springer Science+Business Media, LLC- 2009.-290 p.
26. Ossimitz G. Teaching System Dynamics and Systems Thinking in Austria and Germany. <http://ebookbrowse.com/ossimitz-teaching-pdf-d47665193>
27. Stuntz L. Systems Education for Kindergarten through Twelfth Grade in the United States: A View from the Creative Learning Exchange// <http://www.mendeley.com/research/systems-education-kindergarten-through-twelfth-grade-united-states-view-creative-learning-exchange/>
28. Sterman J. Business Dynamics – Systems Thinking and Modeling for a Complex World, McGraw-Hill, 2000.-952 p.

Работа выполнена в рамках задания по теме №461201 «Методология аналитической деятельности управления образованием»

SYSTEM DYNAMICS AS TOOL FOR CREATION OF MANAGER COMPETENCE

© 2012

O.N. Yarygin, candidate of pedagogical sciences, assistant professor, associate professor of «Organizational Management»

E.S. Roganov, aspirant,
Togliatti State University, Togliatti (Russia)

Keywords: system dynamics, the competence of the manager, systems modeling, management of the organizational system; feedback.

Annotation: The paper substantiates the need for enhanced implementation of system dynamics and simulation in modern higher education in various fields of knowledge. Describes the basic principles of system dynamics and computer modeling systems those required for education, management and economics.