УДК 330.45

ПОДХОД К ФОРМИРОВАНИЮ КОМПЛЕКСНЫХ ИННОВАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ В СФЕРЕ ЖКХ*

Ларин Сергей Николаевич
канд. тех. наук
Центральный экономико-математический институт РАН, Москва
Лазарева Лариса Юрьевна
канд. тех. наук
Юрятина Наталья Николаевна
методист
Институт стандартов международного учета и управления, Москва

author@apriori-journal.ru

Аннотация. В статье представлены характеристики различных подходов, используемых для моделирования взаимодействий экономических субъектов сферы жилищно-коммунального хозяйства с позиций учета их особенностей при разработке детерминированных и стохастических моделей их функционирования в условиях рынка.

Ключевые слова: жилищно-коммунальное хозяйство; экономические субъекты; моделирование взаимодействия; детерминированные и стохастические модели.

* Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 14-06-00009а «Формирование методологии эффективного развития и модернизации сферы ЖКХ на основе внедрения инновационных моделей, организационно-экономических механизмов и вероятностных технологий взаимодействия ее субъектов».

APPROACH TO THE FORMATION OF COMPLEX INNOVATIVE MODELS IN THE HOUSING SECTOR

Larin Sergey Nikolaevich
candidate of technical sciences
Central Economic Mathematical Institute, Moscow
Lazareva Larisa Yurievna
candidate of technical sciences
Yuryatina Natalia Nikolaevna
methodologist
Institute of International Standards of Accounting and Control, Moscow

Abstract. The paper presents the characteristics of the different approaches used to model the interactions of economic agents of housing and communal services with regard to their positions of features in the development of deterministic and stochastic models of their functioning in the market.

Key words: housing and utilities; economic actors; modeling interaction; deterministic and stochastic models.

Для функционирования сферы жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ) в современных условиях характерной тенденцией является единовременная реализация комплекса разнонаправленных факторов взаимодействия ее экономических субъектов. Экономические субъекты сферы ЖКХ функционируют в условиях воздействия сложной совокупности факторов, которые оказывают влияние на эксплуатацию и обслуживание существующего жилищного фонда и объектов коммунальной инфраструктуры. В связи с этим можно утверждать, что сфера ЖКХ представляет собой сложную динамическую систему. Естественно, что в процессе реформирования и комплексной модернизации такой системы взаимосвязи между ее участниками постоянно претерпевают разного рода изменения, которые чаще всего невозможно предвидеть заранее. По этой причине неопределенность и недетерминированность можно считать объективной реальностью эволюционного развития сферы ЖКХ в процессе ее реформирования и комплексной модернизации [1]. Исходя из указанных обстоятельств, исследование деятельности экономических субъектов сферы ЖКХ, поиск эффективных инструментов и методов моделирования их взаимодействий, обоснование направлений их совершенствования на этапе модернизации сферы ЖКХ представляется весьма актуальной задачей.

Для поиска подхода к формированию комплексных инновационных моделей в сфере ЖКХ рассмотрим сначала особенности моделирования применительно к произвольной детерминированной и произвольной стохастической системам.

Из теории систем известно, что детерминированной считается система, поведение которой можно точно прогнозировать в будущем на основе информации о ее состоянии в текущий момент времени. Связь между входом $u(t,x)$ и выходом $y(t,x)$ такой системы можно описать оператором O, свойства которого во времени изменяются по точно известному закону. Такую систему можно представить в виде выражения (1):

$$y(t,x) = \Theta\ u(t,x) \tag{1}$$

В выражении (1) вход и выход системы являются известными величинами, а детерминированный оператор O – неизвестной величиной. Для моделирования системы (1) сформируем вспомогательную модель со входом $u(t,x)$ и выходом $\hat{y}(t,x)$, функционирование которой характеризуется оператором $\hat{O}$. В этом случае такую модель можно представить выражением (2):

$$\hat{y}(t,x) = \hat{O}u(t,x) \tag{2}$$

Процесс моделирования системы (1) будет заключаться в определении такого значения оператора $\hat{O}$, при котором выходы системы (1) и модели (2) оказались бы достаточно близкими друг к другу. Различие между ними можно охарактеризовать величиной некоторой ошибки, которую можно определить как разность, используя выражение (3):

$$\delta(t,x) = y(t,x) - \hat{y}(t,x) \qquad (3)$$

Ошибка (3) представляет собой функцию времени и пространственных координат. При этом каждый ее аргумент определен на соответствующих ограниченных подмножествах интервала времени T и пространственных координат X. Чем меньше величина ошибки, тем больше близость выходов системы (1) и модели (2). Таким образом, величина ошибки характеризует близость выходов системы и модели в конкретный момент на интервале времени T и в конкретной точке пространственных координат X.

В качестве оценки близости выходов системы и модели можно использовать числовые характеристики $\bar{\delta}$ ошибки δ, в качестве которых обычно выбираются: максимальная ошибка, интегральная абсолютная ошибка или интегральная квадратичная ошибка [2].

Выбрав какую-либо оценку близости выходов системы и модели, мы получаем некоторую количественную характеристику качества модели (1) или, другими словами, количественную меру адекватности оператора модели $\hat{O}$ оператору системы O. Такой подход позволяет осуществить подбор операторов модели таким образом, чтобы привести к минимальному значению величину ошибки (3).

Для алгоритмического решения этой задачи достаточно задать класс операторов модели с точностью до конечной совокупности неизвестных параметров. Это значит, что оператор $\hat{O}$ должен быть параметризирован, то есть, представлен в виде набора неизвестных числовых параметров. Обозначим такой оператор через $\hat{O}(W)$, где W – вектор числовых параметров. В параметризированном операторе выделены элементарные операторы и указаны связи между ними, а характеристиками этих связей являются сами параметры. В этом случае любая выбранная нами оценка близости выходов системы и модели становится функцией параметров W, то есть $\overline{\delta}(W)$.

После параметризации оператора модели процесс моделирования системы (1) обретает конструктивный вид, а именно: он сводится к определению параметров W^* оператора модели $\hat{O}$ таким образом, чтобы соблюдалось условие (4):

$$W^* = arg\ min\,\overline{\delta}(W) \qquad (4).$$

Произвольная стохастическая система в каждый конкретный момент времени характеризуется некоторой вероятностью ее выхода, который представляет собой случайный процесс $y_w(t,x)$. Поэтому в отличие от детерминированной системы (1), связь между входом и выходом такой системы будет описываться стохастическим оператором O_w:

$$y_w(t,x) = O_w u(t,x) \qquad (5)$$

Стохастический оператор можно рассматривать как некую совокупность детерминированных операторов, каждый из которых может быть реализован с определенной вероятностью, при этом w – определяет номер оператора в этой совокупности. При этом возможны два варианта реализации операторов из некой совокупности.

В первом варианте детерминированные операторы, реализуются с вероятностью p и сохраняют свои свойства на всем протяжении интервала времени T. Простейшим представителем этого варианта служит конечный набор нумерованных детерминированных операторов $O_1, \dots, O_s$, а w – случайная целочисленная величина, принимающая значения в интервале [$1, s$] с определенной функцией распределения вероятностей $P(w)$.

Для второго варианта характерна реализация детерминированных операторов в любой произвольный момент времени интервала T. При этом w – случайная функция $w(m,h)$ со значениями из интервала [$1, s$] и функцией распределения вероятностей $P(w(m,h), \dots, w(m_0,h))$.

Для моделирования системы (5) сформируем вспомогательную модель со стохастическим оператором $\hat{O}_w$:

$$\hat{y}_w(t,x) = \hat{O}_w u(t,x) \qquad (6)$$

Ошибка между выходами системы (1) и модели (5) теперь становится случайным процессом:

$$\delta_w(t,x) = y_w(t,x) - \hat{y}_w(t,x) \qquad (7),$$

где w представляет собой либо случайную величину, либо случайную функцию.

Оценки близости выходов системы (1) и модели (5) также становятся случайными величинами. Для их количественной оценки близости будем использовать числовые значения соответствующих случайных величин. Обычно, бывает достаточно определить их средние значения. В этом случае вместо оценок близости выходов детерминированной системы и модели используются следующие оценки близости выходов стохастической системы и модели: средняя максимальная ошибка; средняя интегральная абсолютная ошибка; средняя интегральная квадратичная ошибка [3].

Для определения величины этих ошибок используется операция математического ожидания M. В дальнейшем процесс формирования модели стохастической системы во многом аналогичен рассмотренному выше процессу для детерминированной системы. Вся разница заключается в том, что минимальное значение ошибки определяется при помощи стохастических операторов по первому или второму из рассмотренных вариантов. Естественно, что и эти операторы должны быть параметризированы, причем их параметры β будут представлять собой случайные величины с соответствующими функциями распределения их вероятностей $p(w,\beta)$.

В большинстве случаев вид функций распределения вероятностей устанавливается на основе качественной априорной информации, что позволяет образовать из параметров β группу неслучайных параметров модели (1).

Неслучайные параметры стохастического оператора модели определяются из выражения:

$$\beta^* = \arg\min \bar{\delta}(\beta) \quad (8)$$

Случайные параметры стохастической модели генерируются при помощи источников случайных чисел с законами распределения $p(w,\beta^*)$.

Таким образом, нами описаны принципиальные подходы к формированию комплексных инновационных моделей (как детерминированных, так и стохастических) в сфере ЖКХ. Использование конкретного подхода при моделировании взаимодействий экономических субъектов сферы ЖКХ будет определяться, исходя из конкретной постановки задачи и необходимости учета при ее решении фактора неопределенности.

Список использованных источников

1. Ларин С.Н. Пути инновационного развития сферы жилищно-коммунального хозяйства региона // Региональная экономика: теория и практика. 2012. № 6 (237). С. 24-35.
2. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. М.: Физматлит, 2002. 320 с.
3. Ермолаев Ю.М., Ястремский А.И. Стохастические модели и методы в экономическом планировании. М.: Наука, 1979. 356 с.