

УДК 658.562

**ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИОННОГО ПРОЕКТА**

**DYNAMIC MODEL OF FORECASTING
OF DEVELOPMENT OF THE INNOVATIVE PROJECT**

П.Г. ГРАБОВЫЙ, Э.Ю. ОКОЛЕЛОВА, Н.И. ТРУХИНА
P.G. GRABOVYY, E.YU. OKOLELOVA, N.I. TRUKHINA

(Воронежский государственный архитектурно-строительный университет)
(Voronezh State University of Architecture and Construction)
E-mail: zam@mgsu.ru; Ella_ok16@mail.ru

В статье рассмотрены методы прогнозирования развития инновационного проекта в условиях неопределенности и рисков. Построена динамическая модель прогнозирования возможной реализации инновационного проекта на основе оценки энтропии внешних факторов.

In the article methods of forecasting of development of innovative projects in conditions of uncertainty and risk. The dynamic model forecasting the possible implementation of an innovative project based on the evaluation of the entropy of the external factors.

Ключевые слова: инновационный проект, модель прогнозирования, динамическая система, управляющие параметры, риски.

Keywords: innovative project, the prediction model, dynamic system, control parameters, risks.

Развитие и внедрение инноваций в производство всех сфер деятельности – процесс сложный и неоднозначный. С одной стороны, инновации, бесспорно, призваны повышать технический и экономический потенциал производства, способствовать его динамичному развитию и совершенствованию. С другой стороны, любые инновации – это, прежде всего, риск. Оценить эффективность инноваций порой бывает весьма сложно. Инновационные продукты, как правило, не имеют длительной истории на рынке, в ряде случаев статистика ограничивается апробацией на незначительном сегменте рынка. Возникает необходимость анализа инновационных проектов в условиях рисков и неопределенности внешней среды.

Инновационный проект как экономическая система характеризуется входными параметрами: начальные вложения, величина ставки дисконтирования, ожидаемая доходность проекта. Реализация проекта и его дальнейшая эксплуатация – это есть преобразование начальных параметров с учетом временного фактора, а также под влиянием внешних и внутренних воздействий активной среды. Выходные параметры характеризуются величиной полученной прибыли от реализации проекта за некоторый период времени.

Рассмотрим математическую модель, описывающую эволюцию процесса на отрезке времени $T=[0, t^*]$:

$$\begin{cases} \frac{dX(t)}{dt} = S(X, \alpha, t), & 0 < t \leq t^*, \\ X(0) = X_0, \end{cases} \quad (1)$$

где $X(t)$ – n -мерная вектор-функция (или вектор состояния); $\alpha \in R^m$ – вектор параметров, не зависящий от времени t ; S – n -мерная вектор-функция, удовлетворяющая условиям теоремы существования и единственности решения задачи Коши (1); X_0 – начальное значение вектора состояния $X(t)$.

Уравнение (1) предполагает, что скорость изменения состояния в любой момент времени определена его текущим состоянием в этот момент времени и состоянием параметра α . Переходя к экономическим категориям, можно принять, что вектор-функция S представляет собой доходность инвестиционного объекта. Параметр α характеризует внешне-экономические факторы, определяющие величину доходности и связанные с неопределенностью ситуации, а следовательно, с риском. Вектор состояния $X(t)$ является показателем величины реальных поступлений от реализации проекта в фиксированный момент времени.

Рассмотрим экономическую задачу анализа эффективности инновационных проектов в физической постановке. Начало реализации и последующая эксплуатация проекта характеризуется наличием доходов в единицу времени, величина которых может существенно различаться в заданном интервале времени. Величина накопленной суммы доходов есть возрастающая функция:

$$S = \sum_{i=1}^n P_i, \quad (2)$$

где S – накопленная сумма поступлений, д.ед.; P_i – поступления (или величина

дохода) от реализации проекта в единицу времени, д.ед.; n – число периодов.

Можно представить величину S как траекторию случайного процесса при различных реализациях. Величина P_i представляет собой дисконтированный показатель, величина S есть чистая приведенная стоимость проекта. Таким образом, инновационный проект представлен как случайная функция от двух случайных параметров – величины поступлений P_i и ставки дисконтирования g . Рассмотрим динамическую систему, которая позволит получить модель инновационного проекта. В качестве такой системы выберем движение точки на плоскости при наличии постоянного ускорения \vec{g} . Пусть начальная скорость точки равна \vec{v}_0 , и она перпендикулярна ускорению. Тогда траектория движения представляет собой ветвь параболы. Если представить инновационный проект как некую динамическую систему, то график функции $F=S(t)$ является аналогом траектории движения точки с начальной скоростью (рис. 1 – динамические модели: а) – движения материальной точки; б) накопления доходов инновационного проекта).

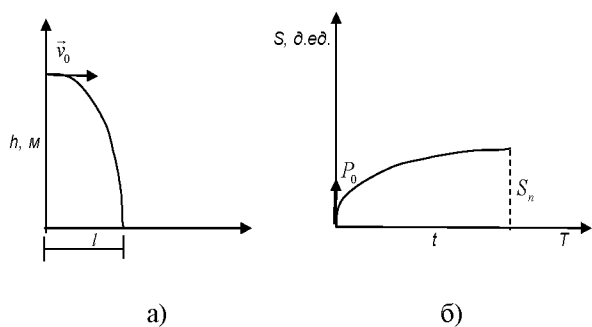


Рис. 1

Инновационный проект начинает приносить доход в силу выпуска и реализации продукции, то есть экономическая система получает "начальную скорость", которая является результатом совокупности величины инвестиционных вложений, наличие производственного цикла, реализации продукции и т.д. Определим экономические аналоги динамических величин. Начало реализации

проекта представлено некоторым поступлением доходов P , которые могут меняться с течением времени. На ранней стадии реализации при успешном инвестиционном решении будет наблюдаться рост доходов. Проводя аналогию между движением точки и экономической системой, можно принять величину денежных поступлений за аналог физической скорости. Траектория – это функция $S(t)$ суммы приведенных денежных потоков. Асимптота функции $S(t)$ есть предельная величина суммы платежей [2].

Проводя аналогию, получим, что величина l – это величина суммы S_n , величина h – это аналог времени реализации проекта t , по истечении которого инвестор получит суммарный объем прибыли S . Решая задачу в физических параметрах, получим следующее:

$$x = x_0 + v_{0x}t; y = y_0 + v_{0y}t - \frac{gt^2}{2}, \quad (3)$$

где v_{0x}, v_{0y} – проекции начальной скорости на оси координат. При начальных условиях $x_0=0; y_0=0; v_{0x}=v_0$ и $v_{0y}=0$ в момент приземления точки (рис. 1) $y=-h$, дальность полета $l=x$. Преобразуя выражение (3), получим:

$$l = v_0 \sqrt{\frac{2h}{g}}. \quad (4)$$

В модели движения остался только один параметр, не получивший экономического аналога – ускорение свободного падения g . Под его воздействием траектория движения тела приближается к вертикальной асимптоте. В движении экономической системы это параметр, не позволяющий бесконечно возрастать приведенной сумме платежей, то есть ставка дисконтирования [3]. Таким образом, физическая модель дает аналог динамической экономической системы:

$$S_n = P \sqrt{\frac{2t}{(1+r)}}, \quad (5)$$

где S_n – приведенная сумма, д.ед.; P – величина платежа, д.ед. за период времени; t – период времени, лет; r – ставка дисконтирования, % в год.

Реальные условия предполагают, что величина платежа P зависит от времени, следовательно, ее можно представить как функцию $P(t)$. Ставка дисконтирования также является параметром, зависящим от времени, который можно записать в виде $r(t)$. Тогда, формула (5) примет вид [2]:

$$S(t) = P(t) \sqrt{\frac{2t}{[1+r(t)]}}. \quad (6)$$

Следующий шаг связан с описанием качественного поведения системы в зависимости от внешних управляющих параметров. Определим инновационный проект как экономическую систему, являющуюся динамической и диссипативной, так как возможны "потери энергии" в силу наличия внешних воздействий. В экономическом смысле эти потери могут произойти вследствие неточности прогнозов, изменения конъюнктуры рынка, инфляции и т.д. [4].

Рассмотрим эволюционное уравнение системы:

$$\ddot{x} = F(x, \mu) = -\frac{\partial U(x, \mu)}{\partial x}, \quad (7)$$

где μ – управляющий параметр; x – координата точки; $F(x, \mu)$ – сила, соответствующая потенциалу $U(x, \mu)$ с изолированными минимумами в точках $x = x_1$ и $x = x_2$, соответствующими устойчивым состояниям равновесия системы. В силу свойств непрерывных функций ($U(x)$ дифференцируема) обязательно найдется точка x_3 на интервале (x_1, x_2) , в которой система может находиться в состоянии неустойчивого равновесия – это точка максимума функции $U(x)$. Если других особых точек нет, то заданием точек x_1, x_2 и x_3 полностью исчерпано качественное описание динамической системы при фиксированном управляющем параметре μ , так как при $x \in (-\infty, x_1) \cup (x_2, x_3)$ потенциал $U(x)$ убывает, при $x \in (x_1, x_2) \cup (x_3, \infty)$

потенциал возрастает. Чем меньше сопротивление среды (или потенциал поля), тем больше скорость движения материальной точки. Движение описывается системой дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \ddot{x} = -\gamma \dot{x}, \\ \ddot{y} = -g. \end{cases} \quad (8)$$

Решая систему дифференциальных уравнений:

$$y = y_0 - \frac{gt^2}{2} = h - \frac{gt^2}{2},$$

$$\frac{d\dot{x}}{dt} = -\gamma \dot{x},$$

$$\int \frac{d\dot{x}}{\dot{x}} = -\int \gamma dt, \quad \ln \dot{x} = -\gamma t + C,$$

$$\dot{x} = \dot{x}_0 e^{-\gamma t} = v_0 e^{-\gamma t},$$

$$x(t) = \int v_0 e^{-\gamma t} dt = v_0 \left(-\frac{e^{-\gamma t}}{\gamma} \right) \Big|_0^t = \frac{v_0}{\gamma} (1 - e^{-\gamma t}),$$

получим

$$\begin{cases} y = y_0 - \frac{gt^2}{2}, \\ x = \frac{v_0}{\gamma} (1 - e^{-\gamma t}). \end{cases} \quad (9)$$

В такой постановке задачи появляется вертикальная асимптота (предельное значение) $x(\infty) = \frac{v_0}{\gamma}$, обязанная введению диссипации в виде силы $f = -\gamma \dot{x}$.

Смена одних устойчивых состояний другими при изменении управляющих параметров вызывает последовательность фазовых переходов динамической системы от одних режимов к другим в точке бифуркации. Если при изменении управляющего параметра μ происходят лишь изменения положения особых точек, но особые точки не исчезают, и новые не возникают, то с качественной стороны поведение системы при различных значениях параметра не меняется, то есть фазовые портреты систем оказываются топологически эквивалентными.

ВЫВОДЫ

1. На основе анализа методов оценки инновационного проекта установлено, что погрешность динамического моделирования значительно меньше, чем модели прямого дисконтирования денежных потоков.

2. Применение модели не требует точного прогнозирования величины платежей за отдельные периоды, достаточно определить некоторую среднюю величину дохода при выходе проекта на запланированную мощность. При относительной простоте расчетов модель дает более широкие возможности оценки рисков проекта и позволяет с большей вероятностью прогнозировать различные варианты реализации проекта.

3. Получена модель построения прогноза развития инновационного проекта как динамической системы, которая учитывает вариативность доходности проекта в условиях рисков.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Катица С.П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г.* Синергетика и прогнозы будущего. – Изд. 3-е. – М.: Эдиториал УРСС, 2003.

2. *Околелова Э.Ю.* Методы оценки и прогнозирования инвестиционных процессов рынка коммерческой недвижимости: Дис....докт. техн. наук. – Воронеж, 2008.

3. *Околелова Э.Ю.* Оценка инвестиционного проекта как сингулярно возмущенной динамической системы // *Мат. II Междунар. практич. Интернет-конференции, 15 декабря 2010 - 15 февраля 2011г. / Под ред. Л.Ю. Богачковой, В.В. Давниса; Волгоград. Гос. ун-т. – Воронеж: Изд-во ЦНТИ, 2010. С. 90...95.*

4. *Трухина Н.И., Околелова Э.Ю., Корницкая О.В.* Стратегия развития инновационной деятельности строительного предприятия // *Сб. мат. Междунар. научн. конф.: Экономика, организация и управление предприятиями, отраслями, комплексами: теория и практика (РИНЦ), г. Москва, 26-28 июня. – 2014. С.157...161.*

5. *Мищенко В.Я., Горбанева Е.П.* Анализ современного состояния жилищного фонда и инженерной инфраструктуры Воронежской области // *Изв. Тульского гос. ун-та. Серия: Строительство, архитектура и реставрация. – 2006, № 9. С. 229...235.*

6. *Матренинский С.И., Мищенко В.Я., Спивак И.Е., Зубенко К.Ю.* Методологический подход к оценке морального износа территорий массовой жилой застройки // *Промышленное и гражданское строительство. – 2008, № 11. С. 59...62.*

7. *Хрусталева Б.Б., Пучков И.В., Артамонова Ю.С., Мищенко В.Я.* Методика расчета инновационного потенциала предприятий регионального строительного комплекса // *Научный вестник Воронежского гос. архитектур.-строит. ун-та. Серия: Строительство и архитектура. – 2008, № 3. С. 72...76.*

REFERENCES

1. *Kapica S.P., Kurdjumov S.P., Malineckij G.G.* Sinergetika i prognozy budushhego. – Izd. 3-e. – M.: Jeditorial URSS, 2003.

2. *Okolelova Je.Ju.* Metody ocenki i prognozirovanija investicionnyh processov rynka kommercheskoj nedvizhimosti: Dis....dokt. tehn. nauk. – Voronezh, 2008.

3. *Okolelova Je.Ju.* Ocenka investicionnogo proekta kak singuljarno vozmushhennoj dinamicheskoj sistemy // *Mat. II Mezhdunar. praktich. Internet-konferencii, 15 dekabrja 2010 - 15 fevralja 2011g. / Pod red. L.Ju. Bogachkovej, V.V. Davnisa; Volgograd. Gos. un-t. – Voronezh: Izd-vo CNTI, 2010. S. 90...95.*

4. *Truhina N.I., Okolelova Je.Ju., Kornickaja O.V.* Strategija razvitija innovacionnoj dejatel'nosti stroitel'nogo predpriyatija // *Sb. mat. Mezhdunar. nauchn. konf.: Jekonomika, organizacija i upravlenie predpriyatijami, otasljami, kompleksami: teorija i praktika (RINC), g. Moskva, 26-28 ijunja. – 2014. S.157...161.*

5. *Mishhenko V.Ja., Gorbaneva E.P.* Analiz sovremennogo sostojanija zhilishhnogo fonda i inzhenernoj infrastruktury Voronezhskoj oblasti // *Izv. Tul'skogo gos. un-ta. Serija: Stroitel'stvo, arhitektura i restavracija. – 2006, № 9. S. 229...235.*

6. *Matreninskij S.I., Mishhenko V.Ja., Spivak I.E., Zubenko K.Ju.* Metodologicheskij podhod k ocenke moral'nogo iznosa territorij massovoj zhiloy zastrojki // *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. – 2008, №11. S. 59...62.*

7. *Hrustalev B.B., Puchkov I.V., Artamonova Ju.S., Mishhenko V.Ja.* Metodika rascheta innovacionnogo potenciala predpriyatij regional'nogo stroitel'nogo kompleksa // *Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gos. arhitekt.-stroit. un-ta. Serija: Stroitel'stvo i arhitektura. – 2008, № 3. S. 72...76.*

Рекомендована кафедрой кадастра недвижимости, землеустройства и геодезии. Поступила 01.06.16.