

УДК 330.341.2

В.С. Липатников, А.С. Лобас, К.В. Гальдикайте

**ПРОГНОЗ ЦЕНЫ НА ИННОВАЦИОННЫЙ ПРОДУКТ
НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ***

V.S. Lipatnikov, A.S. Lobas, K.V. Galdikaite

**THE FORECAST OF PRICE FOR INNOVATIVE PRODUCT
BASED ON ANALYSIS OF TIME SERIES**

Рассматриваются вопросы, связанные с прогнозированием цены на инновационный продукт. Для прогноза динамики цены используются временные ряды. Объектом анализа выбрана цена инновационного продукта, Samsung Galaxy Nexus I9250, за 24 месяца. На основании данных рассчитаны цены на данный продукт через полгода и год. По результатам данного прогноза разработана модель прогнозирования цены инновационного продукта.

ВРЕМЕННЫЕ РЯДЫ. ИННОВАЦИОННЫЙ ПРОДУКТ. ПРОГНОЗ. МЕТОД ФОСТЕРА–СТЮАРТА. МОДЕЛЬ КРИВОЙ РОСТА.

This article discusses questions of price forecast for innovative product. Time series have been used in order to predict price movements. For this propose the price (for 24 months) of innovative product. Samsung Galaxy Nexus I9250. was chosen. Based on this information prices for the product were calculated after six months and a year. Also. using results of this forecast the model for prediction the price of innovative product was developed.

TIME SERIES. INNOVATIVE PRODUCT. FORECAST. FOSTER STEWART METHOD. GROWTH CURVE MODEL.

Статистические методы все шире проникают в экономическую практику. Распространение статистических программных пакетов позволило сделать доступными и наглядными многие методы обработки данных [1]. Этому явлению способствовал научно-технический прогресс, который сегодня невозможно представить без получаемого в результате инновационной деятельности интеллектуального продукта. По сути инновационные продукты, будучи очень дорогостоящими, не всегда приживаются на рынке [9]. Поэтому необходимо уметь просчитывать все риски, связанные с продвижением инновационного продукта, а также прогнозировать спрос и цену на этот самый продукт и его прибыльность [5].

Однако ценообразование инновационного продукта выглядит сложнее, чем ценообразование типового продукта [6]. Получается это из-за того, что спектр инноваций очень широк. Помимо этого ценообразование рассматривают не в статике, а в рамках периодов, относящихся к их жизненному циклу [2]. Поэтому компания должна выбирать правильную цену с целью установить баланс между ценой и степенью удовлетворенности потребителя [4]. Данная цена должна четко соотноситься с характеристиками товара и ожиданиями потребителей.

Цель проведенных исследований – осуществление краткосрочного прогноза цены на инновационный продукт (Samsung Galaxy Nexus I9250) с периодом упреждения 6 месяцев.

* Статья подготовлена при поддержке Программы фундаментальных исследований НИУ ВШЭ, проект «Технологический трансфер и технологический аудит российских корпораций в условиях присоединения к ВТО».

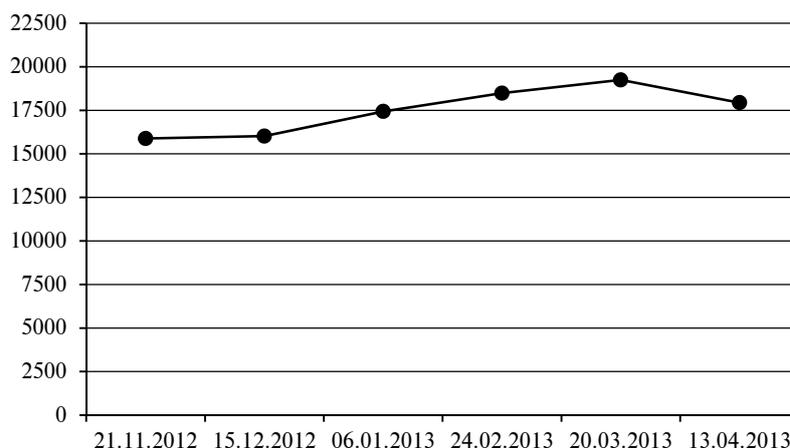


Рис. 1. Динамика изменения цены инновационного продукта Samsung Galaxy Nexus I9250 (ноябрь 2012 – апрель 2013 г.)

Для достижения поставленной цели необходимо выполнение следующих задач [1]:

- 1) сбор необходимой информации;
- 2) первичная обработка исходных данных;
- 3) определение круга возможных моделей прогнозирования;
- 4) оценка параметров моделей;
- 5) исследование качества выбранных моделей, их адекватности реальному процессу и выбор лучшей из моделей;
- 6) построение прогноза;
- 7) содержательный анализ полученного прогноза.

Цена инновационного продукта прогнозировалась нами с помощью временных рядов. Данные собраны за полугодовой период. В качестве показателя времени в рядах динамики указаны определенные моменты времени (даты).

Чтобы начать анализ ценообразования, необходимо определить тренд инновационного продукта, т. е. общее направление развития временного ряда [7]. Для определения тенденции построен график уже имеющихся данных (рис. 1).

Наглядно видно, что тренд прослеживается, но для точного вывода необходимо проверить «наличие-отсутствие» тренда методом Фостера–Стюарта. Согласно этому методу каждый уровень ряда сравнивается со всеми предыдущими, при этом определяются lt и mt . Таким образом, $lt = 1$, если yt меньше всех предшествующих уровней, и $mt = 1$, если yt

больше всех предшествующих уровней. Далее мы находим разность (dt) между mt и lt . Суммируя все полученные dt , получаем характеристику D . С помощью критерия Стьюдента проверяем гипотезу о том, что $D \neq 0$, т. е. тренд присутствует.

Расчет методом Фостера–Стюарта представлен в табл. 1.

Таблица 1

Проверка «наличия-отсутствия» тренда методом Фостера–Стюарта

Дата	Цена	m_t	l_t	d_t
21.11.2012	16034,36431	–	–	–
15.12.2012	16493,42654	1	0	1
06.01.2013	16965,63167	1	0	1
24.02.2013	17950,98656	1	0	1
20.03.2013	18464,92149	1	0	1
13.04.2013	18993,57033	0	1	–1

Так как $t_{набл} = 1,813$, а $t_{табл} = 2,571$ взято из таблицы t -распределения Стьюдента для уровня значимости 0,05 и числом степеней свободы $\nu = n - 1$, то можно говорить о том, что тренд есть.

Перед проведением глубокого количественного и качественного анализа используем простые методы прогнозирования, которые помогут нам определить цену на инновационный продукт на шесть месяцев вперед [3].

Таблица 2

Основные аналитические показатели

Дата	Цена	Абсолютный прирост		Темп роста, %		Темп прироста, %	
		базисный	цепной	базисный	цепной	базисный	цепной
21.11.2012	16034,36	—	—	100	100	—	—
15.12.2012	16493,42	459,062	459,062	102,863	102,863	2,863	2,863
06.01.2013	16965,63	931,264	472,205	105,808	102,863	5,808	2,863
24.02.2013	17950,98	1916,622	985,354	111,953	105,807	11,953	5,807
20.03.2013	18464,92	2430,555	513,934	115,158	102,863	15,158	2,863
13.04.2013	18993,57	2959,206	528,648	118,455	102,863	18,455	2,863

Используем следующие основные аналитические показатели:

- абсолютные приросты;
- темпы роста;
- темпы прироста.

Базисные и цепные абсолютные приросты рассчитываются по формулам [1]

$$\Delta_i^b = x_i - x_1,$$

$$\Delta_i^c = x_i - x_{i-1}.$$

Базисный и цепной темпы роста рассчитываются следующим образом [1]:

$$T_i = (y_i/y_1 - 1) 100 \%,$$

$$T_i^c = (y_i/y_{i-1}) 100 \%.$$

Базисные и цепные темпы прироста – по формуле [1]

$$T_{ip} = T_p - 100 \%.$$

Результаты расчетов представлены в табл. 2.

Приступим к более глубокому анализу динамики цены на выбранный инновационный продукт. Хочется отметить, что на практике для описания тенденции развития явления широко используются модели кривых роста, представляющие собой различные функции времени $y = f(t)$. При таком подходе изменение исследуемого показателя связывают лишь с течением времени, а влияние других факторов считается несущественным или косвенно сказывающимся через фактор времени [2].

Правильно выбранная модель кривой роста должна соответствовать характеру изменения тенденции исследуемого явления. Кривая роста позволяет получить выровненные или теоретические значения уровней динамического ряда [8]. Прогнозирование на основе модели кривой роста базируется на экстраполяции, т. е. на продлении в будущее тенденции, наблюдавшейся в прошлом. При этом предполагается, что во временном ряду присутствует тренд. Именно для построения кривой роста и для прогнозирования с ее помощью динамики цены и определяли в начале исследования, есть ли тренд инновационного продукта. В нашем случае для описания тенденции развития использована показательная модель кривой роста, которая имеет следующий вид: $yt = abt$, где a характеризует начальные условия развития, а параметр b – постоянный темп роста [10]. Поскольку тенденция ряда описывается с помощью данной модели, то для оценивания неизвестных параметров использована система нормальных уравнений для прямой (соответственно в нормальных уравнениях вместо фактических уровней выступают их логарифмы) [1]:

$$\begin{cases} \sum \log y_i = nA + B \sum t, \\ \sum (\log y_i)t = A \sum t + B \sum t^2. \end{cases}$$

Неизвестные параметры A и B найдены. Зная значения $A = \ln a$ и $B = \ln b$, определяем значения a и b и с помощью потенцирования получаем показательную функцию, служащую

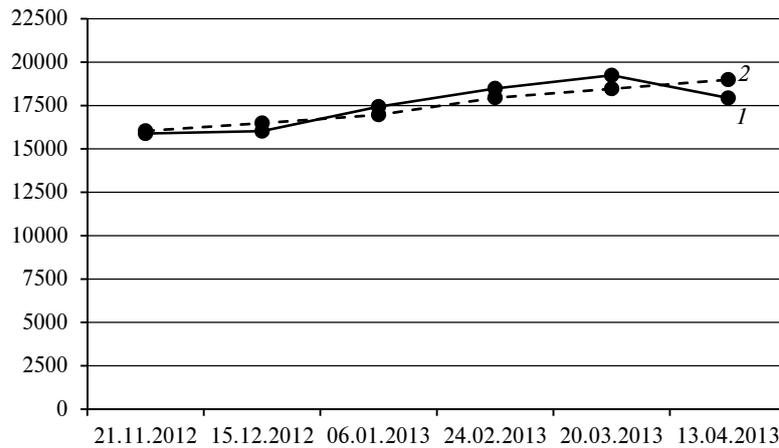


Рис. 2. Расчетные уровни ряда динамики, полученные по показательной модели
 1 – цена на инновационный продукт; 2 – модель

для выравнивания ряда. Функция имеет вид $y_t = 17451,356 \cdot 1,03^t$. Согласно этой модели среднемесячный темп роста цены инновационного продукта составлял 103%. В точке, принятой за начало отсчета ($t = 0$), значение тренда равно 17451,356 р. График исходных данных и модели представлен на рис. 2.

Как видим, выбранная модель в достаточной степени отражает реальную динамику цен на выбранный инновационный продукт, поэтому ее можно принять для прогнозирования цены для продукта на шесть месяцев вперед.

Таким образом, заключительным этапом применения кривой роста стала экстраполяция тенденции на базе выбранного уравнения. Прогнозные значения исследуемого показателя вычислены путем подстановки в уравнение кривой значений времени t , соответствующих периоду упреждения (табл. 3, начиная с п. 7).

В дополнение к точечному прогнозу вычислен доверительный интервал, или интервальный прогноз, т. е. определены границы возможного изменения прогнозируемого показателя. Ширина доверительного интервала зависит от длины временного ряда, периода упреждения, точечного прогноза, значения t -статистики Стьюдента и средней квадратической ошибки прогноза [3].

Значение t -статистики Стьюдента рассчитывается как $t = x_{ср} / S_{ош}$, где $S_{ош}$ – стандартная ошибка выборочного среднего.

Средняя квадратическая ошибка прогноза рассчитывалась по формуле

$$S_p = (S_y/n) + S_y((t_1 - t_{ср})^2 / \sum(t - t_{ср})^2) + S_y,$$

где S_p – средняя квадратическая ошибки прогноза; S_y – дисперсия отклонений фактических наблюдений от расчетных; t_1 – время упреждения, для которого делается экстраполяция; $t_{ср}$ – порядковый номер уровня, стоящего в середине ряда; t – порядковый номер уровней ряда.

Таблица 3

Прогнозные значения цены

Номер t	Месяц	Цена Y_t
1	21.11.2012	16034,36
2	15.12.2012	16493,43
3	06.01.2013	16965,63
4	24.02.2013	17950,99
5	20.03.2013	18464,92
6	13.04.2013	18993,57
7	Май 2013	19537,35
8	Июнь 2013	20096,71
9	Июль 2013	20672,07
10	Август 2013	21263,91
11	Сентябрь 2013	21872,7
12	Октябрь 2013	22498,91

Таблица 4

Доверительные интервалы для прогнозируемой цены

Номер месяца	Месяц (2013)	Доверительный интервал	
		нижний	верхний
7	Май	19467,0849	19607,62376
8	Июнь	20026,76346	20166,65016
9	Июль	20597,18454	20746,96246
10	Август	21182,35122	21345,47453
11	Сентябрь	21783,60647	21961,78664
12	Октябрь	22401,78282	22596,03648

Получившиеся в итоге доверительные интервалы представлены в табл. 4.

Также проведена проверка адекватности выбранной модели посредством проверки автокорреляции остатков. Если вид функции, описывающей систематическую составляющую, выбран неудачно, то последовательные значения ряда остатков могут не обладать свойствами независимости, так как они могут коррелировать между собой. В этом случае говорят, что имеет место автокорреляция остатков. Существует несколько приемов обнаружения автокорреляции. Наиболее распространенным является подход, опирающийся на критерий Дарбина–Уотсона. Тест Дарбина–Уотсона связан с проверкой гипотезы об отсутствии автокорреляции первого порядка, т. е. автокорреляции между соседними остаточными членами ряда. При этом критическая статистика определяется по формуле

$$d = \frac{\sum(e_t - e_{t-1})^2}{\sum e_t^2},$$

где e – это остаток модели.

Близость значения статистики d к нулю означает наличие высокой положительной автокорреляции; близость значения статистики d к четырем означает наличие высокой отрицательной автокорреляции, а в случае отсутствия автокорреляции значение статистики d будет близким к двум.

В нашем случае $d = 1,79$. Таким образом, мы можем утверждать, что в нашей модели отсутствует автокорреляция.

Однако на практике d сравнивают с пороговыми, граничными значениями $d1$ и $d2$. Они зависят от объема выборки, от количества объясняющих переменных в модели и от принятого уровня значимости (в исследовании он равен 0,05). Граничные значения смотрятся по таблице Дарбина–Уотсона. Затем рассчитанное d сравнивается с пороговыми значениями. Если принять рабочую гипотезу о том, что в модели отсутствует автокорреляция остатков, то при сравнении вышеуказанных значений могут возникнуть три варианта:

1) если $d < d1$, то гипотеза об отсутствии автокорреляции отвергается в пользу гипотезы о положительной автокорреляции;

2) если $d > d2$, то гипотеза не отвергается;

3) если $d1 \leq d \leq d2$, то нельзя сделать определенный вывод по имеющимся исходным данным (значение d попало в область неопределенности).

В нашем случае, согласно таблице Дарбина–Уотсона, значение $d1 = 0,61$, а значение $d2 = 1,4$. Как видим, расчетное значение d больше $d2$, следовательно, мы окончательно убеждаемся в том, что в модели отсутствует автокорреляция.

Итак, статистические методы, в частности, использование временных рядов, являются мощным помощником при прогнозировании цены на инновационный продукт. Доказательством этому может служить проведенное исследование. Нами цена продукта рассчитана как простыми обобщенными показателями динамики развития экономических процессов (абсолютный прирост, темп роста и темп прироста), так и с использованием такого метода выравнивания временных рядов, как кривые роста. Цена инновационного продукта предсказана путем подстановки в уравнение кривой значений времени, соответствующих периоду упреждения. Таким образом, нам удалось получить точечный прогноз цены. В дополнение к этому найден диапазон возможных значений прогнозируемого показателя, т. е. вычислен прогноз интервальный, который учитывает неопределенность, связанную с положением тренда и возмож-

ность отклонения от этого тренда. Однако для того чтобы понять, насколько модель получилась точной, проведен анализ остатков данной модели на предмет автокорреляции между ними. Анализ показал, что в модели отсутствует автокорреляция, следовательно, мы можем говорить об адекватности модели реальной ситуации.

Отметим, что данное исследование будет иметь продолжение, так как теперь пред-

стоит сравнить предсказанные значения с фактическими. Таким образом, построенная модель будет проверена на практике, т. е. после того, как период упреждения закончится.

Таким образом, построенная модель имеет свойство к модификации, т. е. в случае малейшего несоответствия модели реальности она может быть модифицирована с учетом ошибки прогнозирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Статистические методы прогнозирования в экономике [Текст] / Т.А. Дуброва, М.Ю. Архипова; Московский государственный университет экономики, статистики и информатики. М., 2004. 136 с.
2. **Арженовский, С.В.** Статистические методы прогнозирования [Текст] : учеб. пособие / С.В. Арженовский, И.Н. Молчанов / Рост. гос. экон. ун-т. Ростов-н/Д., 2001. 74 с.
3. Анализ временных рядов [Электронный ресурс]: электрон. учебник по статистике: сайт. Режим доступа: <http://www.statsoft.ru/home/textbook/modules/sttimser.html> (дата обращения: 30.04.2013).
4. **Липсиц, И.В.** Ценообразование [Текст] : учеб.-практич. пособие / И.В. Липсиц. М.: Юрайт, 2011. 399 с. (Учебники ГУ–ВШЭ);
5. **Светуных, С.Г.** Понятие «рынок инноваций» и его определение. Развитие российского регионального бизнеса в условиях мирового финансового кризиса [Текст] / С.Г. Светуных, Р.В. Ишутин // Материалы Всероссийской научно-практической конференции, г. Псков. СПб.: Изд-во СПбГУЭФ, 2009.
6. **Салимжанов, И.К.** Ценообразование [Текст] / И.К. Салимжанов. М.: КноРус, 2007.
7. **Chwelos, P.D.** Faster, smaller, cheaper: an hedonic price analysis of PDAs [Text] / P.D. Chwelos, E.R. Berndt, I.M. Cockburn // Applied Economics. 2008. Т. 40, no. 22. P. 2839–2856.
8. **Dewenter, R.** Hedonic prices in the German market for mobile phones [Text] / R. Dewenter at al. // Telecommunications Policy. 2007. Т. 31, no. 1. P. 4–13.
9. **Бучаева, С.А.** Виды экономических эффектов и особенности их оценки для инноваций [Текст] / С.А. Бучаева, М.М. Гаджиев // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2012. № 4(151). С. 225–229.
10. **Колокольников, О.Г.** Критерии принятия управленческих решений в технологических системах при внедрении инноваций [Текст] / О.Г. Колокольников // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2012. № 6(161). С. 198–202.

REFERENCES

1. Statistical methods of forecasting in the economy. T.A. Dubrova, M.Ju. Arkhipova; Moscow State University of Economics, Statistics and Informatics. Moscow, 2004. 136 p. (rus)
2. **Arzhenovsky S.V., Molchanov I.N.** Statistical methods of forecasting. The manual. Rostov-on-Don: RSEU, 2001. 74 p. (rus)
3. Electronic textbook about statistics. Time series analysis [website]. Available at: <http://www.statsoft.ru/home/textbook/modules/sttimser.html> (accessed April 30, 2013). (rus)
4. **Lipsits I.V.** Tsenoobrazovanie : ucheb.-praktich. posobie. M.: Iurait, 2011. 399 s. (Uchebniki GU–VShE). (rus)
5. **Svetun'kov S.G., Ishutin R.V.** Poniatie «rynok innovatsii» i ego opredelenie. Razvitie rossiiskogo regional'nogo biznesa v usloviakh mirovogo finansovogo krizisa. Materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Pskov. SPb.: Izd-vo SPbGUEF, 2009. (rus)
6. **Salimzhanov I.K.** Tsenoobrazovanie. M.: KnoРус, 2007. (rus)
7. **Chwelos P.D., Berndt E.R., Cockburn I.M.** Faster, smaller, cheaper: an hedonic price analysis of

PDA's. *Applied Economics*, 2008, vol. 40, no. 22, pp. 2839–2856. (rus)

8. **Dewenter R. et al.** Hedonic prices in the German market for mobile phones. *Telecommunications Policy*, 2007, vol. 31, no. 1, pp. 4–13. (rus)

9. **Buchaeva S.A., Gadzhiev M.M.** Vidy ekonomicheskikh effektov i osobennosti ikh otsenki dlia innovatsii. *St.*

Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics. 2012. № 4(151). S. 225–229. (rus)

10. **Kolokol'nikov O.G.** Kriterii priniatiia upravlencheskikh reshenii v tekhnologicheskikh sistemakh pri vnedrenii innovatsii. *St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics*. 2012. № 6(161). S. 198–202. (rus)

ЛИПАТНИКОВ Виталий Сергеевич – доцент кафедры «Финансовые рынки и финансовый менеджмент» Национального исследовательского университета – Высшая школа экономики, Санкт-Петербургский филиал, кандидат экономических наук.

192171, ул. Седова, д. 55/2, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: lipatnikov@hse.ru

LIPATNIKOV Vitaly S. – National Research University Higher School of Economics.

192171, Sedova str. 55/2, St. Petersburg, Russia. E-mail: lipatnikov@hse.ru

ЛОБАС Анастасия Сергеевна – студентка Национального исследовательского университета – Высшая школа экономики, Санкт-Петербургский филиал.

192171, ул. Седова, д. 55/2, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: nastya.lobas.93@mail.ru

LOBAS, Anastasya S. – National Research University Higher School of Economics.

192171, Sedova str. 55/2, St. Petersburg, Russia. E-mail: nastya.lobas.93@mail.ru

ГАЛЬДИКАЙТЕ Кристина Витаутовна – студентка Национального исследовательского университета – Высшая школа экономики, Санкт-Петербургский филиал.

192171, ул. Седова, д. 55/2, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: galdikajjte@rambler.ru

GALDIKAIITE Kristina V. – National Research University Higher School of Economics.

192171, Sedova str. 55/2, St. Petersburg, Russia. E-mail: galdikajjte@rambler.ru
