



ПУБЛИКАЦИИ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

УДК 65.01

МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СПРОСА НА ИННОВАЦИОННУЮ ПРОДУКЦИЮ

МАРШАЛКИНА ТАТЬЯНА ВИТАЛЬЕВНА,

аспирант кафедры «Оценка и управление собственностью»,

Финансовый университет, руководитель отдела разработки мультимедийного контента,

ООО «Центр разработки мультимедийных материалов», Москва, Россия

E-mail: *Tmarshalkina@gmail.com*

АННОТАЦИЯ

Значимость инноваций в современном мире трудно переоценить. Внедрение их в жизнь обычно проходит через инновационные проекты, включающие стадии исследований, разработок, производства и вывода на рынок. Как и любой другой коммерческий проект, инновационный проект должен быть экономически эффективным, в конечном счете окупиться и принести прибыль. Однако расчет потенциальной прибыли от инновационного продукта или услуги остается наиболее не изученной сферой в оценке инновационных проектов. Данный фактор делает особенно актуальной тему статьи, в которой рассматриваются различные подходы к оценке спроса на инновации в рамках оценки инновационных проектов. В статье изучается модель Басса для моделирования и прогнозирования распространения инновационных продуктов, а также процесс развития модели; приводятся аргументы в пользу S-вида кривой накопленного «принятия», т.е. покупки инновационного продукта; автором предлагаются модификации модели с добавлением в нее факторов цены, рекламы, рыночного потенциала; исследуются преимущества и недостатки различных методов определения параметров модели Басса. Делается вывод о практической применимости модели оценки спроса на инновации в оценке инновационных проектов.

Ключевые слова: инновационный проект; диффузия инноваций; инновационный продукт; спрос на инновации; оценка прибыли; продажи инновационных проектов; математическое моделирование спроса; модель Басса; прогноз продаж; метод наименьших квадратов; нелинейный метод наименьших квадратов; метод максимального правдоподобия.

MODELS FOR INNOVATIVE PRODUCTS DEMAND

TATIANA V. MARSHALKINA,

Post-graduate of Department of Assessment and Property Management,

Financial University. Head of the department of multimedia content development

in the "Center of multimedia materials development", Moscow, Russia

E-mail: *Tmarshalkina@gmail.com*

ABSTRACT

The importance of innovation nowadays can't be overestimated. The introduction of innovations in usual life goes through the innovative projects, which are includes the stage of research, development, production and market realization. Like any other commercial project, the innovative project must be cost-effective in the long run to

pay off and make a profit. However, the calculation of potential profits from an innovative product or service remains the most unexplored area in the innovative projects assessment. This factor makes the topic of this article particularly urgent. This article examines different approaches to assess the demand for innovation in the evaluation of innovative projects. The article provides arguments in favor of S-form of curve of innovative product adoption. Consistently discusses the stages of the model modification by adding the factors of price, advertising, market potential. Explores the advantages and disadvantages of different methods for determining Bass model parameters. It is concluded that model is practical applicable in the management of innovation projects.

Keywords: innovative project; innovations diffusion; product innovation; innovation demand; assessment of the sales profit from innovative projects; mathematical modeling of demand; Bass model; sales forecast; the method of least squares; nonlinear least squares method; the maximum likelihood method.

Моделирование и прогнозирование скорости распространения, или диффузии, инноваций и инновационных продуктов было одной из ключевых тем научных дискуссий начиная с 1960 г., когда появились первые работы ученых Фоурта и Вудлока [1], Мэнсфилда [2], Флойда [3], Роджерса [4], Чоу [5] и Басса [6]. Фоурт и Басс при этом оперировали именно таким понятием, как инновационный продукт. Несмотря на то что подходы к моделированию диффузии технологии и инновационного продукта очень похожи, в последние годы именно исследование моделирования спроса на инновационные продукты доминирует в научных исследованиях. Что неудивительно,

так как при запуске и оценке проекта по разработке инновационного продукта на его стоимость, а значит, и на его привлекательность для инвесторов самое большое влияние оказывают две неизвестные: величина спроса и риски. Чем точнее прогнозирование данных параметров, тем точнее прогнозируется стоимость инновационного проекта и тем меньше его неопределенность.

Схематично феномен диффузии инновационных продуктов изображен на *рис. 1*, где отражены показатели накопленного распространения инновационных продуктов (или «принятия» продуктов в терминах Басса) и поэтапного распространения.

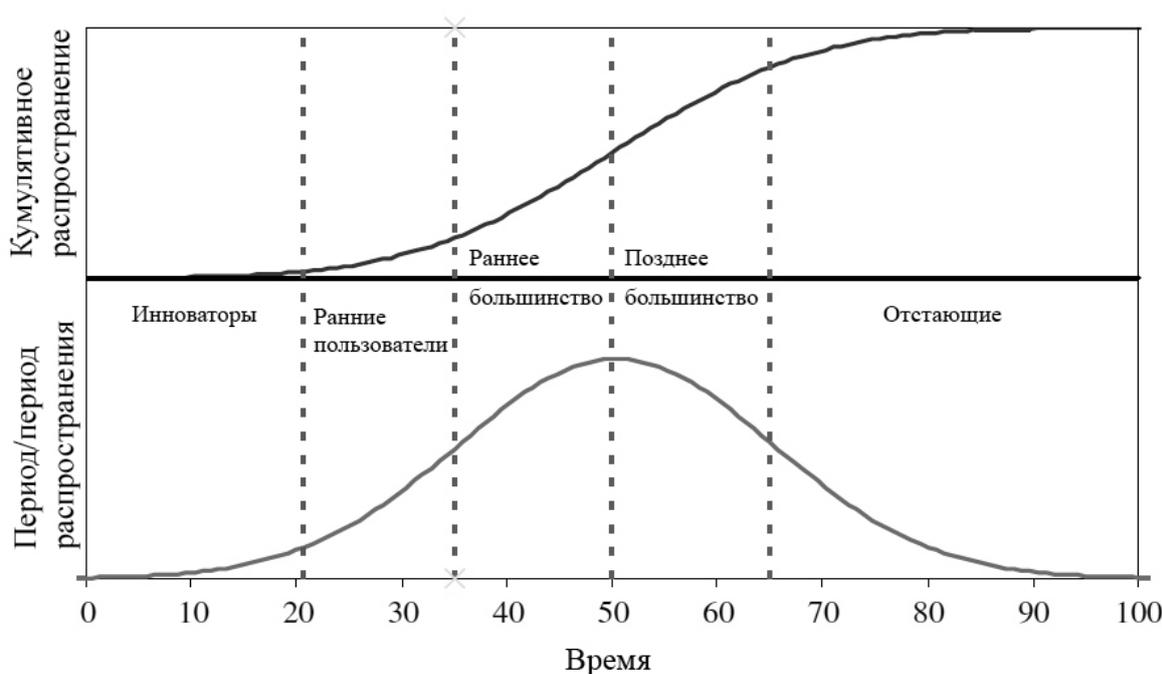


Рис. 1. Линии диффузии инноваций: кумулятивная и периодическая

Источник: [13].

На примере ретроспективных данных о распространении домашних телефонов в Англии построен аналогичный график (рис. 2). Периодическая линия диффузии действительно отличается от идеального графика (см. рис. 1). Кажется, что ее пик приходится на 1975 г. В тот момент производители домашних телефонов могли принять решение значительно сократить производство либо отказаться от него. Однако в 1979 г. уровень спроса на телефоны оказался на 45% выше, чем в 1975 г., и достиг нового пика.

Основные модели диффузии инновационных продуктов, их восемь, были разработаны в 1970-х гг. Шесть из них применяются для моделирования вплоть до настоящего времени. Они были усложнены по сравнению с первыми версиями, так как за последние 25 лет последовательно появлялись работы, вносящие вклад в развитие моделей, их авторы: Мид [7]; Махаджан и Питерсон [8], Махаджан, Миллер и Басс [9, 10], Баптиста [11], Махаджан, Миллен и Вайнд [12, 13], Мид и Ислам [14]. Улучшения в основном касались следующих ключевых моментов.

- Достоверность: модель должна иметь четкую верхнюю границу «насыщения» инновацией.

- Статистическая достоверность: оценка параметров модели должна подвергаться ряду тестирований и проверок.

- Возможности модели в части предсказания: прогноз должен быть контекстуально правдоподобным и в то же время включать определенный уровень неопределенности, в идеале некий интервал значений с заданной вероятностью.

Итак, путь, который проходит инновационный продукт от стадии появления до стадии насыщения рынка данным продуктом, моделируется как S-кривая, что проверялось многочисленными тестами и соответствует действительности.

Согласно модели Басса люди находятся под влиянием двух факторов: стремления к инновациям в целом (p — коэффициент инновации или инновационности) и стремления к подражанию (q — коэффициент подражания), при этом существует популяция людей m , которые являются инноваторами (склонны к покупке инноваций с коэффициентом p) и в то же время подражателями [их склонность к покупке инноваций зависит от предыдущего опыта покупок, $q\left(\frac{X_{t-1}}{m}\right)$]. Тогда функция плотности

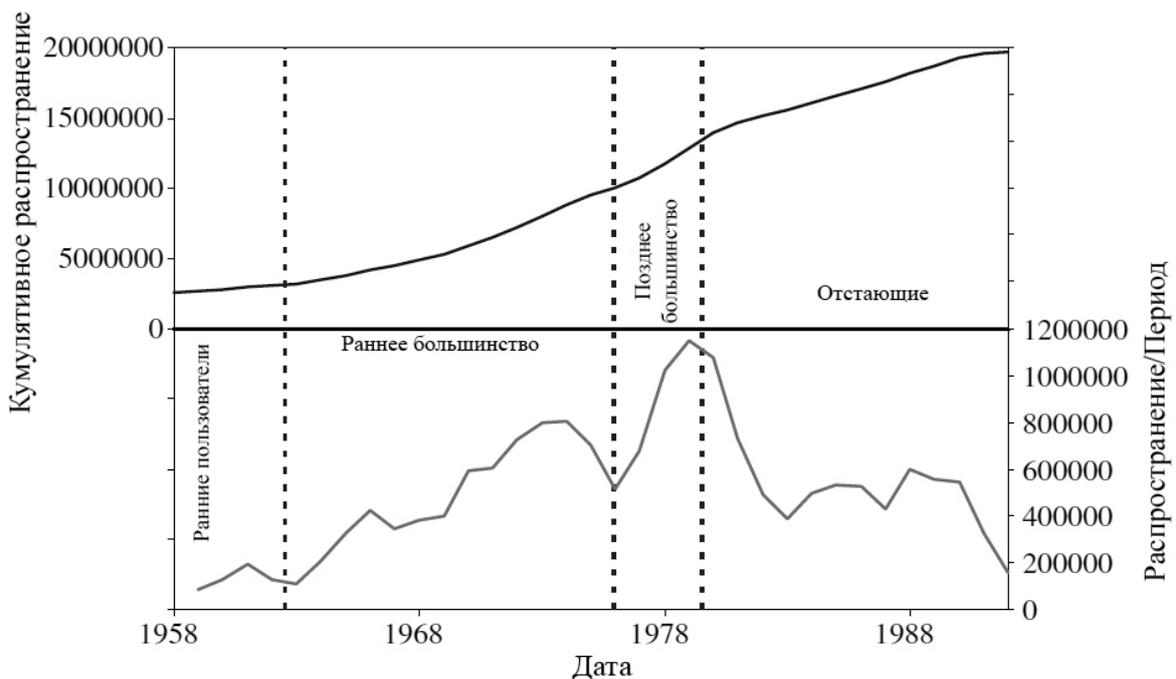


Рис. 2. Линии диффузии распространения домашних телефонов в Англии

Источник: [26].

вероятности покупки для потенциального потребителя инновационного продукта в момент времени t будет следующей:

$$f(t) = (p + qF(t)(1 - F(t))). \quad (1)$$

Вероятность того, что потенциальный потребитель инновационного продукта действительно его потребляет в момент времени t , равна $(p + qF(t))$, где $F(t)$ — это доля потребителей инновационного продукта в момент t . Как и при распространении эпидемий, «имитацию» часто называют «эффектом заразы». Без учета данного эффекта ($p > 0, q = 0$) диффузия изменяется по экспоненте:

$$X_t = a \exp\left(\frac{1}{bt}\right). \quad (2)$$

А без учета эффекта склонности к инновациям ($p = 0, q > 0$) диффузия изменяется по логистической кривой:

$$X_t = a \exp(-c(\exp(-bt))). \quad (3)$$

Параметр $(p + q)$ отражает масштаб, а (p/q) — форму кривой. При этом условие $\frac{q}{p} > 1$ является обязательным для того, чтобы кривая приняла форму S .

Еще один фактор, формирующий именно S -форму кривой, — в неравномерности распределения доходов населения [15]: по мере распространения инновационного продукта цена на него постепенно падает, все больше людей могут себе позволить покупку. Доказана также положительная корреляция показателя p/q с коэффициентом неравенства доходов Джини [16].

Скорость распространения инновационного продукта может быть измерена как угловой коэффициент логистической кривой либо как время, требуемое для перехода от одного уровня проникновения инновационного продукта к другому. Анализ ретроспективы с 1923 по 1996 г. показал значительное увеличение скорости распространения инновационных продуктов и инноваций в целом. Это объясняется ростом покупательской способности и демографическими изменениями.

Распространение любого инновационного продукта происходит в нестабильных условиях внешней среды — рынок, конкуренция, макроэкономические факторы. Несомненно, на процесс распространения инновационных продуктов большое влияние также оказывают цена продукта, затраты на его продвижение и их эффективность.

Модель Басса может быть адаптирована с помощью включения в нее фактора цены, тогда формула будет выглядеть следующим образом:

$$h(t) = (\beta_0 + \beta_1 F(t)) \exp(-\beta_2 P(t)), \quad (4)$$

где $P(t)$ — индекс цены [причем $P(0) = 1$]. Данная формула проверялась на достоверность и использовалась для проверки различных стратегий ценообразования инновационных продуктов [17]. Результаты показали, что маржинальный подход к ценообразованию на инновационный продукт, когда устанавливается высокая цена при старте продаж, а затем снижается по мере распространения продукта, не так эффективен, как два других подхода, а именно: 1) установление оптимальной постоянной цены на продукт; 2) установление низкой цены, потом ее повышение до пика и затем снижение.

Существует и другой вариант адаптации модели Басса, включающий в модель эффект от рекламы [8]:

$$h(t) = (\beta_0 + \beta_1 F(t) + \beta_2 \ln(A(t))), \quad (5)$$

где $A(t)$ — функция распространения рекламы во времени t . Коэффициенты $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ предназначены для измерения уровня публичности, «сарафанного радио» и рекламы соответственно.

Для совмещения данных моделей и учета как фактора рекламы, так и фактора цены была разработана обобщенная модель Басса (*generalized Bass model* или *GBM*) [18]. В данной модели вводится новая переменная «текущая позиция на рынке». Модель в таком случае принимает вид:

$$h(t) = (p + qF(t))x(t), \quad (6)$$

где

$$x(t) = 1 + \beta_1 \frac{\partial P(t)}{\partial t} + \beta_2 \max \left(0, \frac{\partial A(t)}{\partial t} \right). \quad (7)$$

Показатель $x(t)$ также называют рыночным потенциалом и обозначают как m .

Привлекательность модели Басса в том, что параметры модели (p, q, m) можно найти с помощью простого метода наименьших квадратов. Данный вывод основан на свойстве дискретной модели, на том, что биномиальные ожидания о количестве новых покупателей (потребителей инновации) в момент времени t равны

$$Y_t - Y_{t-1} = \left(p + \frac{q}{m} Y_{t-1} \right) (m - Y_{t-1}) \quad (8)$$

при условии, что количество покупателей достигнет Y_{t-1} в момент времени $t-1$. Однако эмпирические исследования доказывают, что метод наименьших квадратов часто ведет к неточным оценкам. Поэтому предлагается другой метод оценки параметров модели — метод максимального правдоподобия. Функция вероятности равна

$$L = (1 - G(t-1))^{(M - Y_{t-1})} \prod_{i=1}^t (G(i) - G(i-1))^{Y_i - Y_{i-1}}, \quad (9)$$

где $G(t) = cF(t)$, а c , в свою очередь, — вероятность возможной покупки («принятия инновационного продукта»). Это предполагает, что каждая ситуация покупки или непокупки («принятия» либо «непринятия» инновационного продукта) — это испытания Бернулли с изменяющейся во времени вероятностью покупки. Преимущества этого подхода — в более высокой точности прогнозирования по сравнению с методом наименьших квадратов. Однако существует и третий подход — нелинейный метод наименьших квадратов (10). Он предполагает минимизацию квадратичных остатков $\sum u_t^2$:

$$Y_t - Y_{t-1} = m(F(t) - F(t-1)) + u_t, \quad (10)$$

где $F(t)$ находится по кумулятивной функции количества потребителей инновационного продукта Басса:

$$F(t) = \frac{1 - \exp(-(p+q)t)}{1 + \exp\left(\frac{q}{p}\right)(-(p+q)t)}. \quad (11)$$

Оба рассмотренных метода — нелинейный метод наименьших квадратов и метод максимального правдоподобия показывают примерно одинаковые результаты, однако обе модели демонстрируют более точный результат, чем метод наименьших квадратов.

Проанализируем распространение такой инновации, как оборудование для маммографии, в 209 больницах, с использованием различных методов определения параметров модели Басса, перечисленных выше. Пик продаж оборудования приходился на 1974 г. (рис. 3), после чего был сделан прогноз продаж на следующие 4 года (табл. 1). Надо отметить, что в случае обеих моделей рыночный потенциал m снижается с увеличением накопленного показателя «принятия» инновационного продукта. Коэффициент инновации p также снижается со временем, а показатель подражания q растет с каждой новой продажей.

Модель максимального правдоподобия (табл. 1, 2) демонстрирует более высокие показатели рыночного потенциала и коэффициент инноваций, а также более низкий показатель подражания, чем нелинейная модель наименьших квадратов. Это означает, что показатель среднего абсолютного отклонения для прогноза следующего шага модели будет ниже, чем в нелинейной модели наименьших квадратов. Таким образом, в качестве вывода мы принимаем последнюю модель (нелинейную модель наименьших квадратов) как более точную, хотя и другая модель заслуживает дальнейших исследований.

Для упрощения расчета параметров модели Басса в условиях ограниченных статистических данных проводилось множество статистических исследований ретроспективных данных о распространении инновационных продуктов. Так, существует исследование 213 случаев распространения

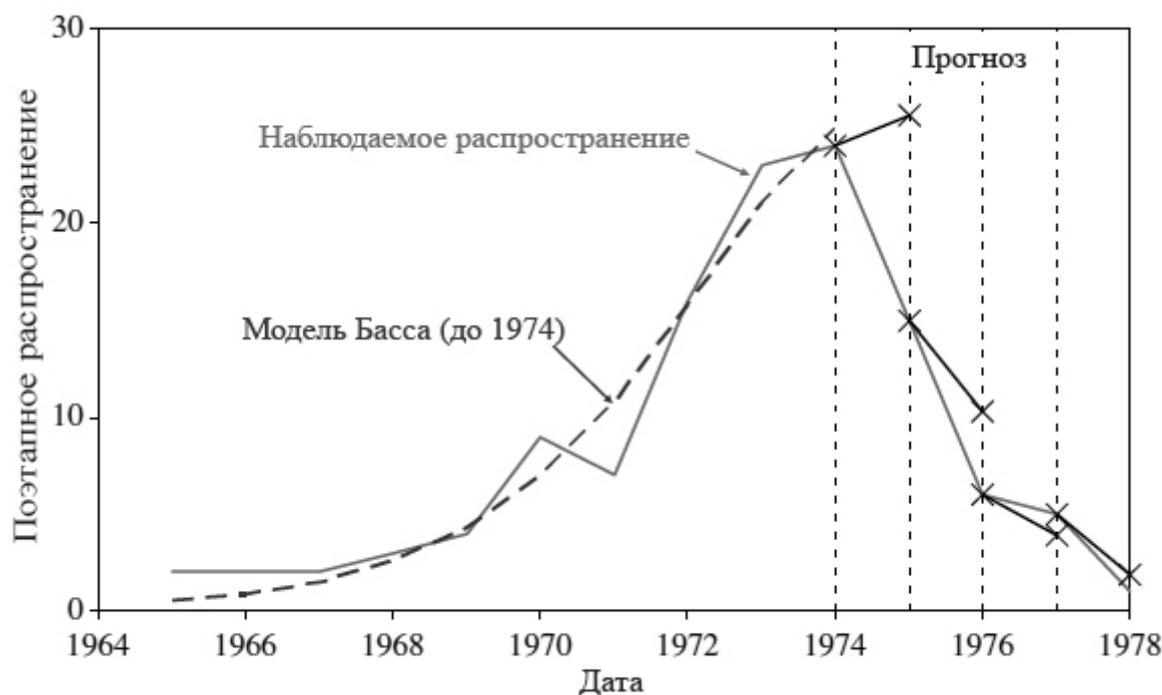


Рис. 3. Распространение оборудования для маммографии среди 209 больниц в США (факт до 1974 г. и нелинейная модель наименьших квадратов, обозначенная пунктиром)

Источник: расчеты автора.

Таблица 1

Оценка параметров модели Басса на основе данных о диффузии оборудования для маммографии в 209 больницах США с использованием нелинейного метода наименьших квадратов

| Расчет с помощью нелинейного метода наименьших квадратов | | | | | | | |
|--|-------------------------------|-------|---------|--------|-----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| Данные, используемые до | Накопленный показатель продаж | t | p | q | Метод максимального правдоподобия | Среднеквадратическое отклонение | Абсолютная ошибка следующего шага |
| 1974 | 92 | 188,6 | 0,00206 | 0,5453 | -323,3 | 2,7 | 10,6 |
| 1975 | 107 | 120,3 | 0,00073 | 0,7745 | -374,8 | 4,0 | 4,3 |
| 1976 | 113 | 110,6 | 0,00038 | 0,8703 | -402,6 | 4,4 | 1,1 |
| 1977 | 118 | 112,0 | 0,00044 | 0,8526 | -421,5 | 4,2 | 0,8 |
| 1978 | 119 | 111,4 | 0,00041 | 0,8607 | -427,6 | 3,9 | |
| | | | | | Среднее абсолютное отклонение | | 4,2 |

Источник: расчеты автора.

инновационных продуктов [19], которое демонстрирует, что среднее значение коэффициента инновации тяготеет к показателю 0,03. Это же исследование демонстрирует, что показатель подражания гораздо больше

разбросан вокруг своего среднего значения, равного 0,38. Был сделан вывод о том, что коэффициент подражания гораздо больше зависит от рыночного потенциала продукта, чем коэффициент инноваций.

Оценка параметров модели Басса на основе данных о диффузии оборудования для маммографии в 209 больницах США с использованием метода максимального правдоподобия

| Расчет с помощью метода максимального правдоподобия | | | | | | | |
|---|-------------------------------|-------|---------|--------|-----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| Данные, используемые до | Накопленный показатель продаж | t | p | q | Метод максимального правдоподобия | Среднеквадратическое отклонение | Абсолютная ошибка следующего шага |
| 1974 | 92 | 209,0 | 0,00328 | 0,4686 | -322,3 | 3,3 | 9,7 |
| 1975 | 107 | 160,7 | 0,00395 | 0,4998 | -368,4 | 7,0 | 10,4 |
| 1976 | 113 | 129,4 | 0,00324 | 0,5920 | -393,4 | 8,9 | 1,8 |
| 1977 | 118 | 126,1 | 0,00299 | 0,6125 | -413,2 | 8,2 | 2,6 |
| 1978 | 119 | 122,4 | 0,00254 | 0,6471 | -419,8 | 7,8 | |
| | | | | | Среднее абсолютное отклонение | | 6,1 |

Источник: расчеты автора.

Модель Басса используется на практике для предсказания распространения инновационных продуктов [20]. Однако временной отрезок для прогнозирования, на котором можно получить близкий к реальности прогноз, обычно ограничивается 5 годами.

Таким образом, в статье рассмотрен процесс развития самой распространенной на практике модели прогнозирования диффузии инновационного продукта — модели Басса. Модель Басса и нелинейная модель наименьших квадратов для определения ее параметров могут и должны быть использованы для

прогнозирования будущих продаж инновационных продуктов. Но надо отметить и необходимость проведения российских статистических исследований, аналогичных перечисленным выше, касающихся распространения инновационных продуктов, проверки модели Басса на данных исследованиях. Это позволит в дальнейшем использовать российские статистические данные, делать более точные прогнозы и постепенно адаптировать данную модель для применения в части оценки стоимости проектов по созданию инновационных продуктов.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. *Fourt L. A., & Woodlock, J. W.* (1960, October). Early prediction of early success of new grocery products. *Journal of Marketing*, 25, 31–38.
2. *Mansfield E.* (1961). Technical change and the rate of imitation. *Econometrica*, 29, 741–766.
3. *Floyd A.* (1962). Trend forecasting: A methodology for figure of merit. In J. Bright (Ed.), *Technological forecasting for industry and government* (pp. 95–105). New Jersey Prentice Hall.
4. *Rogers E. M.* (1962). *Diffusion of innovations*. New York The Free Press.
5. *Chow G. C.* (1967). Technological change and demand for consumers. *American Economic Review*, 57, 1117–1130.
6. *Bass F. M.* (1969). A new product growth model for consumer durables. *Management Science*, 15, 215–227.
7. *Meade N.* (1984). The use of growth curves in forecasting market development — A review and appraisal. *Journal of Forecasting*, 3, 429–451.
8. *Mahajan V. & Peterson R. A.* (1985). *Models for innovation diffusion*. California, USA Sage.
9. *Mahajan V., Muller E. & Bass F. M.* (1990). New-product diffusion models: A review and directions for research. *Journal of Marketing*, 54, 1–26.

10. Mahajan V., Muller E. & Bass F.M. (1993). New-product diffusion models. In Handbook in operations research and management science: Chapter 8. Marketing, vol. 5. Amsterdam, Netherlands North Holland.
11. Baptista R. (1999). Do innovations diffuse faster within geographical clusters? *International Journal of the Economics of Business*, 6, 107–129.
12. Mahajan V., Muller E. & Wind Y. (2000b). New product diffusion models: From theory to practice. In V. Mahajan, E. Muller, & Y. Wind (Eds.), *New product diffusion models* (pp. 3–24). London Kluwer Academic Publishers.
13. Mahajan V., Muller E., Wind Y. (Eds.) (2000a). *New product diffusion models*. London Kluwer Academic Publishers.
14. Meade N., & Islam T. (2001). Forecasting the diffusion of innovations. In J. S. Armstrong (Ed.), *Principles of forecasting*. Boston Kluwer Academic Publishers.
15. Bass F.M., Krishnan T. & Jain D. (1994). Why the Bass model fits without decision variables. *Marketing Science*, 13 (3), 203–223.
16. Van den Bulte C., & Stremersch S. (2004). Social contagion and income heterogeneity in new product diffusion: A meta-analytic test. *Marketing Science*, 23, 530–544.
17. Минаков В. Ф., Макаrchук Т. А., Артемьев А. В. Модель Басса в управлении инновационным развитием отрасли связи России // *Качество, инновации, образование*. 2013. № 8 (99). С. 23–27 / Minakov V.F., Makarchuk T.A., Artemyev A.V. Model Bassa in management of innovative development of branch of communication of Russia [Model' Bassa v upravlenii innovacionnym razvitiem otrasli svjazi Rossii]. *Quality, innovations, education — Kachestvo, innovacii, obrazovanie*. 2013. No. 8 (99). P. 23–27.
18. Fruchter G.E., Van den Bulte C. Why the Generalized Bass Model leads to odd optimal advertising policies. *International Journal of Research in Marketing*. 2011. T. 28. No. 3. P. 218–230.
19. Iyengar R., Van den Bulte C., Valente T.W. Opinion leadership and social contagion in new product diffusion. *Marketing Science*. 2011. T. 30. No. 2. P. 195–212.
20. Минаков В. Ф., Минакова Т. Е., Галстян А. Ш., Шиянова А. А. Обобщенная экономико-математическая модель распространения и замещения инноваций // *Экономический анализ: теория и практика*. 2012. № 47 (302). С. 49–54 / Minakov V.F., Minakova T.E., Galstyan A.Sh., Shiyanova A.A. The generalized economic-mathematical model of distribution and replacement of innovations [Obobshhennaja jekonomiko-matematicheskaja model' rasprostraneniya i zameshheniya innovacij]. *Jekonomicheskij analiz: teorija i praktika — Economic analysis: theory and practice*. 2012. No. 47 (302). P. 49–54.
21. Bonus H. (1973). Quasi-Engel curves, diffusion and the ownership of major consumer durables. *Journal of Political Economy*, 81, 655–677.
22. Fournier L.A. & Woodlock, J. W. (1960, October). Early prediction of early success of new grocery products. *Journal of Marketing*, 25, 31–38.
23. Horsky D. & Simo L.S. (1983). Advertising and the diffusion of new products. *Marketing Science*, 2 (1), 1–17.
24. Liang X., Xie L., Yan H. Self Restraining Bass Models. *Journal of Forecasting*. 2015.
25. Robinson B. & Lakhani C. (1975). Dynamic pricing models for new product planning. *Management Science*, 10, 1113–1122.
26. Sultan F., Farley J.U. & Lehman D.R. (1990). A meta-analysis of applications of diffusion models. *Journal of Marketing Research*, 27, 70–77.