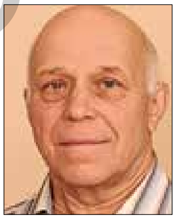
Построение прогнозных моделей развития рынка

Резюме. Одной из проблем при освоении и выпуске новой продукции является прогнозирование спроса на нее. Отклонение от оптимальных параметров ведет к потере эффективности, при пониженном прогнозе – к недополучению прибыли, при повышенном прогнозе – к выпуску нереализуемой продукции. В статье приведен подход построения прогнозных моделей спроса на инновационную продукцию на основе теории вероятности, разработана соответствующая методика, рассмотрен пример практического расчета.

Ключевые слова: инновационная продукция, математические модели, теория вероятности, прогноз, методика, пример расчета.

При построении прогнозной модели рынка обычно подбирают близкую по характеру поведения процесса математическую модель [1–3], хотя непосредственной связи между ними нет. Последнее позволяет полагать, что правомерно этот же подход использовать на базе статистических моделей.

В основе предлагаемой методики лежит тот факт, что закономерности теории вероятности носят общий характер и справедливы для различных областей: математики, физики, социальных явлений и т.д. Логично заключить, что они подходят и для процессов реализации инновационной продукции от момента ее появления на рынке до его полного насыщения. По мере роста популярности товара спрос на него будет расти, затем, при постепенном наполнении рынка, потребность в нем будет идти на спад.



Николай Кочетов,
доцент кафедры оценочной деятельности Белорусского национального технического университета, кандидат технических наук

Преимущество предлагаемой модели роста и насыщения заключается в том, что нормальное статистическое распределение является хорошо изученным, поэтому прогнозирование может осуществляться уже на ранних стадиях процесса, например сходное с искомой функцией, аккумулированное нормальное распределение (интеграл вероятности) [4].

Область определения кривой плотности распределения случайных событий X лежит в диапазоне $\pm\infty$. Однако на практике ограничиваются шириной охвата $\pm 3\sigma$ (σ – среднее квадратическое отклонение), от наиболее вероятного значения X. Теоретически такой диапазон времени покрывает 99,74% всех событий. Соответственно, интеграл вероятности будет иметь в этом случае прирост от 0,13% до 99,87% (рис. 1).

Значения интеграла вероятности показывают возможность попадания события в диапазоне аргумента от 0 до определенного значения, выраженного в величинах среднего квадратического отклонения σ. Поскольку наиболее частым случаем на практике является симметричный процесс, значения интеграла вероятности даются для одной ветви (табл. 1), на которую приходится половина вероятности [5].

Рассматривая в качестве аргумента время, можно перейти к новому аргументу T, значения которого начнутся с нуля. Момент, который можно приурочить к началу промышленного производства продукции и ее реализации (T = 0), совместим с точкой X = -3σ на теоретическом графике, поскольку она крайняя в диапазоне практического рассмотрения.

Тогда время прохождения процесса развития рынка рассматриваемой продукции от момента начала промышленного производства можно определить так:

$$T = X + 3\sigma, \qquad (1)$$

где X – аргумент в теоретическом графике, измеряемый в единицах стандартного отклонения (волатильности) σ.

И, соответственно:

$$T = X - 3\sigma.$$

Если принять начало промышленного производства продукции за точку отсчета, то есть T = 0 (X = -3σ), в какой-то момент времени объем выпуска и реализации будет соответствовать T = σ (X = -2σ) и т.д. Зная математическое ожидание, можно спрогнозировать примерное время процесса роста и насыщения T = 6σ (X = 3σ) и объем рынка.

С целью повышения точности прогноза анализ можно возобновлять для нового состава исходных данных. Обычно рассматривают такие диапазоны охвата статистического процесса: X охватывает диапазон от -3σ до 3σ (вероятность исследуемого события 99,74%), X охватывает диапазон от -2σ до 2σ (вероятность исследуемого события 95,45%), X охватывает диапазон от -σ до σ (вероятность исследуемого события 68,26%). Поскольку

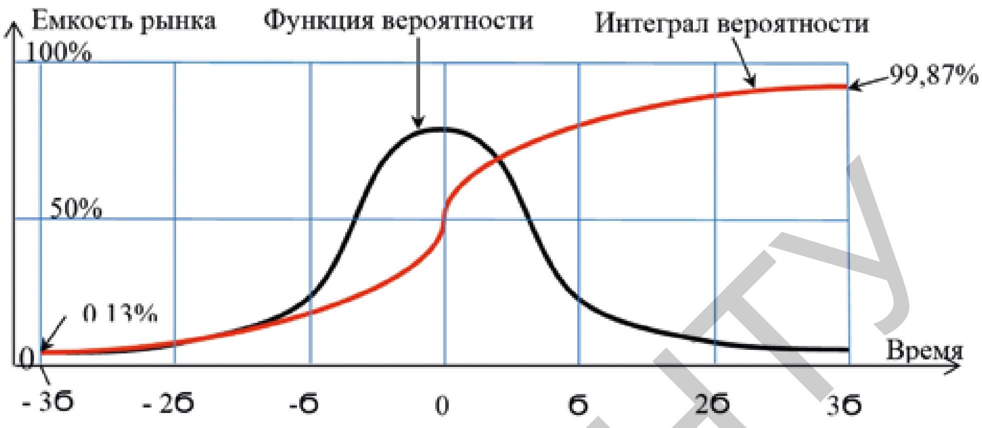


Рис. 1. Функция и интеграл вероятности. Последний отражает емкость рынка в условиях неизменности других факторов

в начале производства степень неопределенности высока, можно признавать диапазоны времени с некоторым сужением относительно начальных точек, например ±2,5σ и ±2σ.

Зная вероятность для различных значений σ, можно определить, на какой временно́й стадии (в σ) находится процесс. Сопоставляя этот интервал с реальным временем прохождения процесса, можно определить, чему будет равно значение σ, и дать прогноз процесса не только в σ, но и в реальном для этого исследования времени. Исходной информацией для построения прогноза развития рынка какой-либо инновационной продукции машиностроения будет следующая:

- момент времени начала промышленного выпуска и реализации (To);
- накопленные данные производства и реализации рассматриваемой продукции с момента начала обоих процессов.

Для снижения влияния сторонних факторов необходимо ввести ряд условий:

Таблица 1. Значения функции $\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-z^2/2} dz$

Источник: [5]

x	Φ(x)	x	Φ(x)	x	Φ(x)	x	Φ(x)
0.00	0.00000	0.85	0.30234	1.70	0.45543	2.55	0.49461
0.05	0.01994	0.90	0.31594	1.75	0.45994	2.60	0.49534
0.10	0.03983	0.95	0.32894	1.80	0.46407	2.65	0.49598
0.15	0.05962	1.00	0.34134	1.85	0.46784	2.70	0.49653
0.20	0.07926	1.05	0.35314	1.90	0.47128	2.75	0.49702
0.25	0.09871	1.10	0.36433	1.95	0.47441	2.80	0.49744
0.30	0.11791	1.15	0.37493	2.00	0.47725	2.85	0.49781
0.35	0.13683	1.20	0.38493	2.05	0.47982	2.90	0.49813
0.40	0.15542	1.25	0.39435	2.10	0.48214	2.95	0.49841
0.45	0.17364	1.30	0.40320	2.15	0.48422	3.00	0.49865
0.50	0.19146	1.35	0.41149	2.20	0.48610	3.20	0.49931
0.55	0.20884	1.40	0.41924	2.25	0.48778	3.40	0.49966
0.60	0.22575	1.45	0.42647	2.30	0.48928	3.60	0.499841
0.65	0.24215	1.50	0.43319	2.35	0.49061	3.80	0.499928
0.70	0.25804	1.55	0.43943	2.40	0.49180	4.00	0.499968
0.75	0.27337	1.60	0.44520	2.45	0.49286	4.50	0.499997
0.80	0.28814	1.65	0.45053	2.50	0.49379	5.00	0.5

Рис. 2. Характер изменения коэффициента прироста К для различных этапов развития рынка продукции (время дано в σ)

- емкость рынка остается неизменной за весь период выпуска продукции (например, рассматривается только внутренний сегмент, без экспорта и импорта);
- предприятие является единственным производителем данного товара на внутреннем рынке (например, передача лицензий и ноу-хау на него другим субъектам не предусматривается);
- товаропроводящая сеть охватывает всю территорию страны с минимальными финансовыми, временными затратами и препятствиями информации о рассматриваемой продукции;
- не учитывается наличие неофициального выпуска изделий (контрабанда, пиратское изготовление и т.д.) и другие, не имеющие прямого отношения к их производству, факторы (изменяющиеся политические, правовые, социальные условия).

Наукой наработан большой методический и практический материал, имеются таблицы значений вероятности попадания события в заданный диапазон аргумента [5]. Каждому его значению в силу неравномерности прохождения процесса будет соответствовать свое значение функции. Зная его, можно рассчитать величину аргумента, которому она будет соответствовать.

Если в качестве функции взять абсолютное значение продукции, выпущенной с начала промышленного производства (Т = 0, или Х = -3σ), становится возможным найти соответствующую точку на теоретическом графике. Полагая, что процесс проходит по симметричной модели интеграла вероятности, реально спрогнозировать весь процесс.

Однако есть две неизвестные, без которых это сделать невозможно.

Во-первых, мы не знаем, чему соответствует значение σ (в месяцах, годах и т.д.) для нашего конкретного случая.

Во-вторых, теоретический график носит относительный характер. Сумма всех наблюдаемых явлений (интеграл вероятности) принимается за 1 (или за 100%). На самом деле абсолютная емкость рынка (общий потенциальный объем выпуска и реализации, измеряемый в натурально-вещественной форме: штуки, погонные метры, тонны и т.д.) неизвестна.

Для их определения предлагается следующий подход. Поскольку процесс развития рынка носит неравномерный характер, можно найти *соотношение интеграла вероятности для двух временных точек – текущей Т и одной из предшествующих, например Т/2.*

Полагая, что это соотношение (коэффициент прироста К) будет меняться, находим его значения для всех этапов процесса (рис. 2) [6].

Этот график показывает, что кривая прироста меняется в зависимости от момента времени процесса. Визуальный анализ позволяет сделать вывод, что можно однозначно увязать величину К с периодом изменения емкости рынка, что дает возможность производить прогноз рыночной динамики. Точные значения коэффициента, рассчитанные автором, даны в табл. 2.

Сравнивая К, подсчитанный для реального процесса, с табличным, находим значение Т (выраженное в величинах σ). Зная его с момента промышленного производства продукции, определяем показатель σ в месяцах, годах и т.д. Полагая, что полный цикл равен 6σ, устанавливаем, сколько времени будет проходить процесс развития рынка, причем по желанию

Таблица 2. Значения коэффициента прироста К в зависимости от стадии анализируемого процесса роста и насыщения Т

Параметры	Значения															
Время Т в σ	0,0	0,5	0,7	1,0	1,2	1,5	1,7	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
Отклонение Х от среднего значения в σ	-3	-2,5	-2,3	-2,0	-1,8	-1,5	-1,3	-1,0	-0,5	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Коэффициент прироста К = Ф(Т)/Ф(Т/2)	2,00	2,08	2,67	3,66	4,48	5,47	6,13	6,97	7,70	7,48	6,54	5,30	4,12	3,17	2,48	2,00

можем разбить его на отдельные периоды: быстрого роста спроса, насыщения рынка, его свертывания и т.д.

Например, за первые 6 месяцев производства было выпущено и реализовано 168 изделий, а за 12 месяцев – 615. Спрос в это время был полностью удовлетворен.

Найдем коэффициент прироста: К = 615/168 = 3,66.

Это соответствует Т = 1σ, то есть 1σ = 12 мес. Поскольку практическая длительность процесса насыщения принята в 6σ, время этого процесса для нашего случая составит $Т_{макс}$ = = Т·6 = 12·6 = 72 (мес.), или 6 лет. В первые 3 года будет наблюдаться рост спроса, далее начнется постепенный спад. В течение 5–6 лет рынок будет наполнен.

Абсолютное значение емкости рынка, которое отражает объем приобретенной за весь период продукции, можно определить следующим образом. За рассматриваемый промежуток будет выпущено и реализовано какое-то количество товара. Зная, на каком этапе находится процесс, можно установить, какой доле интеграла вероятности это будет соответствовать. Более того, можно спрогнозировать объем производства для каждого этапа.

Поскольку процесс рассматривается как симметричный, в справочных таблицах приводятся значения Ф(Х) только для диапазона аргумента нормального распределения Х от 0 до 3σ, что покрывает 0,5 доли интеграла вероятности (рис. 1). Такую же долю занимает диапазон Х от -3σ до 0. В рассматриваемый момент Т = 1σ находим соответствующее Х по формуле (1): Х = -2σ. В табл. 1 для Х = 2σ значение равно 0,47725.

При Т от 0 до σ, что соответствует диапазону Х от -3σ до -2σ, объем выпуска мы знаем. От -2σ до 0 охватит 0,47725 доли интеграла вероятности, от -3σ до 0–0,5. Следовательно, остальное приходится на уже выпущенную продукцию. Поясним эту методику на следующем примере.

Пример построения прогноза емкости рынка для инновационной продукции

Предприятие начало выпуск низкооборотных электродвигателей для бытовой техники. Они стали реализовываться во всех регионах республики. Нормативный срок эксплуатации продукции $Т_Н$ = 5 лет. За первые 3 месяца было изготовлено и продано Ф(Т/2) = 283 изделия, а за 6 месяцев Ф(Т) – 839. В это время спрос был удовлетворен полностью. Оценим примерную потребность в данном товаре и период времени, в течение которого внутренний рынок будет практически насыщен, при условии, что предприятие является единственным его производителем, и передача лицензий на ноу-хау другим субъектам не предусматривается.

Запишем эти условия в следующем виде:

$Т_Н$ = 5 лет;

Т = 6 мес.;

Т/2 = 3 мес.;

Ф(Т/2) = 283 шт.;

Ф(Т) = 839 шт.

Определим коэффициент прироста $К_{Хσ}$:

$$K_{X\sigma} = \frac{\Phi(T)}{\Phi(T/2)} = \frac{839}{283} = 2{,}96\,.$$

По табл. 2 находим ближайшие значения коэффициента прироста К для соответствующих σ:

$К_{0,7σ}$ = 2,67;

$К_{1σ}$ = 3,66.

Можно воспользоваться методом интерполяции для определения точного выражения прошедшего с начала производства промежутка времени в единицах среднего квадратического отклонения σ. Полагая прирост К линейным в зависимости от σ, для $К_{Yσ}$ можно записать:

$$K_{Y\sigma} = K_{0,7\sigma} + \frac{\Delta K}{\Delta\sigma}(Y\sigma - 0{,}7\sigma),$$

где ΔК = $К_{1σ}$ – $К_{0,7σ}$;

Δσ = 1σ – 0,7σ;

Y – искомое значение среднего квадратического отклонения σ, соответствующее коэффициенту прироста $К_{Yσ}$.

Отсюда

$$Y = 0{,}7 + \frac{K_{Y\sigma} - K_{0,7\sigma}}{K_{1\sigma} - K_{0,7\sigma}} \cdot 0{,}3 = $$

$$= 0{,}7 + \frac{2{,}96 - 2{,}67}{3{,}66 - 2{,}67} \cdot 0{,}3 \approx 0{,}79.$$

С начала производства и продаж прошло 6 месяцев, что соответствует по расчету 0,79σ. Отсюда можно найти σ для рассматриваемого процесса:

$$\sigma = \frac{T}{Y} = \frac{6}{0{,}79} = 7{,}6\ (мес.)\,.$$

Полагая, что полное насыщение рынка происходит в течение интервала времени 6σ, оно составит:

$Т_{макс}$ = 6σ = 6 × 7,6 = 45,6 мес.

Теперь можно определить абсолютное значение потребности в продукции за весь период

Переменные	Значения						Всего
Диапазон аргумента Х, в σ	от -3σ до -2σ	от -2σ до -1σ	от -1σ до 0	от 0 до 1σ	от 1σ до 2σ	от 2σ до 3σ	6σ
Доля интеграла вероятности, Δ	0,02272*	0,13591	0,34134	0,34134	0,13591	0,02275*	1,0
Интервал времени Т, в мес.	от 0 до 7,6	от 7,6 до 15,2	от 15,2 до 22,8	от 22,8 до 30,4	от 30,4 до 38	от 38 до 45,6	45,6
Емкость рынка, Ф, в шт.	1577*	9420	23658	23658	9420	1577*	69310

*полагаем, что процесс начинается с Х = -3σ, а заканчивается при Х = 3σ

Таблица 3. Прогноз рынка продукции для σ = 7,6 мес. и $Ф_{абс}$ = 69310 шт.

и даже разбить запросы на нее по временным интервалам.

Сначала найдем абсолютное значение рынка товара от начала производства до насыщения рынка. За 6 месяцев, которые составили 0,79σ, было изготовлено и продано 839 изделий. Используя метод линейной аппроксимации, рассчитаем количество продукции, соответствующее 0,7σ:

$$\Phi_{0,7\sigma} = \Phi_{0,79\sigma}\frac{0,7\sigma}{0,79\sigma} = \\ = \frac{839\cdot 0,7}{0,79} = 734\ (\text{шт.}).$$

По табл. 1 определим значение интеграла вероятности для $\Delta_{2,3\sigma} = 0,48928$, что соответствует объему выпуска в интервале от наиболее вероятного значения X (0σ) до X = 2,3σ. На оставшийся диапазон (примерно 0,7σ, считая, что для 3σ значение интеграла составит примерно 0,5) придется доля абсолютного объема выпуска:

$$\Delta_{0,7\sigma} = \Delta_{3\sigma} - \Delta_{2,3\sigma} = \\ = 0,5 - 0,48928 = 0,01072.$$

При симметричном процессе наращивания и насыщения можем допустить, что доля выпущенной продукции в диапазоне времени от начала выпуска T = 0 до момента времени T = 0,7σ будет $\Delta_{0,7\sigma}$. Отсюда абсолютная емкость рынка составит:

$$\Phi_{абс} = \frac{\Phi_{0,7\sigma}}{\Delta_{0,7\sigma}} = \frac{743}{0,01072} = 69\,310\ (\text{шт.}).$$

Далее можем спрогнозировать долю рынка во временнóм интервале T от 0,7σ до 1σ (что соответствует диапазону X от -2,3σ до -2σ):

$$\Delta_{0,3\sigma} = \Delta_{2,3\sigma} - \Delta_{2\sigma} = 0,48778 - \\ - 0,47725 = 0,01053,$$

где $\Delta_{2,3\sigma}$ – табличное значение интеграла вероятности в диапазоне от 0 до 2,3σ;

$\Delta_{2\sigma}$ – от 0 до 2σ.

В абсолютном значении рынок за этот период времени составит:

$$\Phi_{0,3\sigma} = \Phi_{абс} \times \Delta_{0,3\sigma} = 69\,310 \times \\ \times 0,01053 = 730\ \text{шт.}$$

Переведя временнóй диапазон от X (в σ) в месяцы (T) можно получить соответствующий предварительный прогноз рынка (табл. 3).

В реальных условиях на насыщение рынка влияют и другие факторы. Одним из них является износ продукции в период эксплуатации. Например, при нормативном сроке TН = 5 лет товар должен обновляться примерно с таким же интервалом.

Поскольку выпуск изделий будет продолжаться несколько лет, обновление будет происходить тоже в течение нескольких лет, причем где-то раньше, а где-то, при бережном уходе, и позже нормативного срока. Поэтому характер процесса замены изношенной продукции будет более «размытым» по сравнению с темпами ее производства.

Можно принять долю такой продукции равной линейной норме амортизации, то есть 20% ежегодно от количества эксплуатируемой. Тогда ежегодная потребность в обновлении составит:

$$\Phi_{год} = \Phi_{абс} \times 20\% = \\ = 69\,310 \times 0,2 = 13\,862\ \text{шт. в год.}$$

Так будет до тех пор, пока продукция морально не устареет. Когда появятся новые более эффективные и совершенные ее виды, спрос начнет неуклонно снижаться, но это произойдет не сразу. Какая-то часть изделий будет находиться в эксплуатации, и целесообразность ее замены возникнет по мере выработки ресурса. Другая часть будет эксплуатироваться из-за того, что не каждый владелец имеет финансовые возможности для этого. Если продукция морально не устарела, потребность в ней сохранится на определенном, достаточном для компенсации износа (амортизации) уровне. То есть некоторый спрос будет присутствовать какое-то время, пока окончательно не сойдет на нет.

Прогнозируя потребности в том или ином виде продукции по предложенной методике, можно запланировать выпуск на несколько лет вперед. При этом важно иметь в виду, что для повышения точности оценки этот прогноз необходимо периодически выверять и корректировать. Он позволяет не только определить потребности рынка, но и избежать больших потерь, которые могут быть вызваны переизбытком производства. Данная методика дает возможность сделать прогнозы развития для новых перспективных отраслей экономики, чтобы своевременно завоевать рынок и обеспечить конкурентные преимущества за счет опережающего освоения новой продукции и услуг (эффект «ранних пташек»). Это особенно важно для формирующейся национальной экономической системы, достаточно сильно зависимой от внешней торговли. И

See: **http://innosfera.by/2015/10/market_development**

Литература

1. Кондратьев Н.Д. Большие циклы конъюнктуры и теория предвидения. Избранные труды. – М., 2002.

2. Kochatau M. Saturate theory for branch economy development forecast (Теория насыщения для прогноза развития отраслей экономики). Материалы X Международной научно-практической конференции «Управление в социальных и экономических системах». – Мн., 2003.

3. Кочетов Н.В. Модель экономического роста при появлении новых отраслей // Экономика и управление. 2005, №3. С. 25–28.

4. Тренев Н.Н. Управление финансами. – М., 1999.

5. Решение задач по ТОЭ, ОТЦ, высшей математике, физике, программированию, теоретической механике, сопротивлению материалов. Теория вероятности. Электронный ресурс: http://www.toehelp.ru/ theory /ter_ver/pril/table_2.

6. Кочетов Н.В. Конкурентоспособность машиностроения на международных рынках / под научн. ред. В.Ф. Медведева. – Мн., 2013.