

Монте-Карло для аналитиков

Как грамотно моделировать и измерять риски

МЕТОД МОНТЕ-КАРЛО ПОЗВОЛЯЕТ ПРОГНОЗИРОВАТЬ НЕ ТОЛЬКО ЦЕНУ АКЦИЙ. С ЕГО ПОМОЩЬЮ МОЖНО МОДЕЛИРОВАТЬ ИНВЕСТИЦИОННЫЕ ПРОЕКТЫ, А ТАКЖЕ ОБЪЕМЫ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОДАЖ.

>> Текст_Андрей ЛУКАШОВ,
Форум-консалтинг, руководитель
департамента финансового консалтинга

«Кассандр среди аналитиков нет. Если кто-то говорит вам, что знает, где будет цена какого-либо актива, он либо шарлатан, либо дурак... Даже если он угадает»

Из интернет-форума, тема «Почему не стоит верить рекомендациям инвестиционных аналитиков»

Для измерения и моделирования рисков, возникающих при работе на финансовом рынке, сегодня широко используются стохастические (вероятностные) методы, в том числе метод Монте-Карло. Однако инвестиционные аналитики как будто не замечают этих эффективных инструментов и продолжают строить свои точечные детерминистические прогнозы на основе одной из многочисленных разновидностей метода дисконтированных денежных потоков.

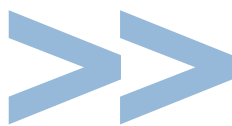
70 лет одиночества

Метод дисконтированных денежных потоков (Discounted Cash Flow) был разработан в 30-е годы прошлого столетия и вот уже более семидесяти лет используется для определения фунда-

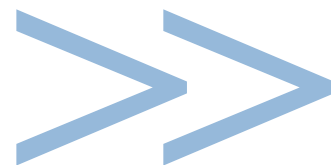
ментальной стоимости компаний и цены акций. Несмотря на свою популярность, DCF имеет ряд широко известных недостатков, которые касаются как теории, так и практики его применения. На практическом уровне метод дисконтированных денежных потоков является очень чувствительным к изменениям в параметрах финансовой модели, например, к ставке дисконтирования или темпам роста денежных потоков. В результате небольшие изменения в параметрах могут привести к существенным колебаниям чистой приведенной стоимости проектов и/или фундаментальной стоимости компаний. В теоретическом плане метод дисконтированных денежных потоков не учитывает вероятностный характер результатов инвестиционного проекта, а кроме



Андрей ЛУКАШОВ



Метод дисконтированных денежных потоков не учитывает вероятностный характер результатов инвестиционного проекта, а также игнорирует стратегическую составляющую СТОИМОСТИ КОМПАНИЙ



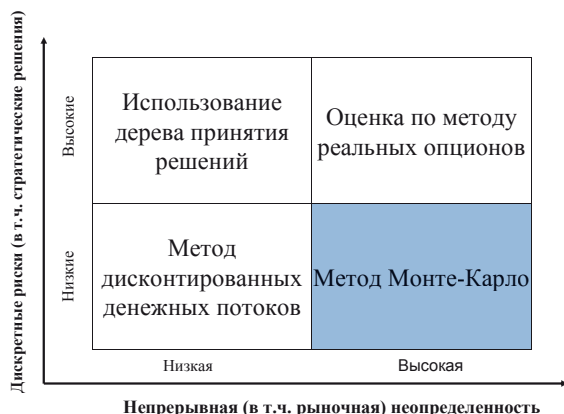


Рис. 1 Виды риска и методы оценки стоимости

того, игнорирует стратегическую составляющую стоимости компаний. Не принимается в расчет и управленческий вклад в стоимость – возможность принятия менеджментом оптимизирующих решений по ходу реализации проектов. Особенно плохо работает DCF в условиях высокой неопределенности и риска.

За последние двадцать лет были разработаны многочисленные альтернативные методы, частично устраняющие недостатки DCF. На рис. 1 показана классификация существующих методов оценки стоимости инвестиционной привлекательности в зависимости от наличия стратегических и рыночных рисков.

Все виды риска можно условно разделить на две основные категории: дискретные и непрерывные (непрерывная неопределенность). К дискретным рискам можно отнести угрозы, связанные со стратегическими решениями. Непрерывные риски включают рыночные риски, или риски колебания рыночных факторов (цена, процентные ставки, обменные курсы и т.д.).

Выбор оружия

Метод дисконтированных денежных потоков дает удовлетворительные результаты, только если дискретные и непрерывные риски находятся на низком уровне. Когда возникают значительные дискретные риски, используется метод дерева решений. Если же на первый план выходит непрерывная неопределенность, применяется компьютерное моделирование по методу Монте-Карло. В тех случаях, когда значительны оба вида рисков – дискретные и непрерывные, применяется метод реальных опционов. Следует отметить, что на различных стадиях жизненного цикла компании/проекта угрозы проявляются по-разному. На начальных этапах (например, разработка нового продукта, строительство новых мощностей) более значительную роль играют дискретные риски, а на последующих (этап коммерциализации и продаж) – непрерывные рыночные риски.

Причем метод Монте-Карло подходит не только для прогнозирования цены акций – его можно применить для оценки инвестиционных проектов или для планирования эффективности продаж. Иными словами, это универсальный инструмент с множеством функций. На примерах мы рассмотрим лишь некоторые из них.

В ценовом треугольнике

Фармацевтическая компания изучает вопрос о приобретении патента на производство нового лекарственного препарата. Стоимость патента составляет \$3 400 тыс. Необходимо подготовить финансовый анализ приобретения этого лекарства методом дисконтированных денежных потоков, посчитать NPV проекта. Горизонт расчетов составляет три года. Стандартная финансовая модель приводится в табл. 1. Согласно прогнозам аналитиков компания в первый, второй и третий годы проекта продаст 802 тыс., 967 тыс. и 1132 тыс. упаковок лекарства по цене \$6, \$6,05 и \$6,1 за упаковку соответственно.

Ставка налога на прибыль равна 32%, ставка дисконтирования – 10%, себестоимость составляет 55%, а операционные издержки – 15% от цены препарата. Для вычисления NPV и IRR проекта в Excel использовались функции ЧПС (чистая приведенная стоимость) и ВСД (внутренняя ставка доходности, IRR). По результатам расчетов IRR проекта равен 15%, а NPV – \$344,8 тыс. Поскольку полученный показатель NPV больше 0, компании следует принять проект. Однако несмотря на положительные результаты стандартного анализа, остаются некоторые сомнения относительно точности полученных прогнозов. Конкуренция на фармацевтическом

ТАБЛИЦА 1. ФИНАНСОВАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ПРОЕКТА ПО ПОКУПКЕ ПАТЕНТА НА ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПРЕПАРАТА

	ГОД 0	ГОД 1	ГОД 2	ГОД 3
Цена упаковки, \$		6,00	6,05	6,10
Кол-во проданных, шт.		802 000	967 000	1 132 000
Выручка, \$		4 812 000	5 850 350	6 905 200
Себестоимость, \$		2 646 600	3 217 693	3 797 860
Валовая прибыль, \$		2 165 400	2 632 658	3 107 340
Операционные издержки, \$		324 810	394 899	466 101
Чистый доход до налогов, \$		1 840 590	2 237 759	2 641 239
Налоги, \$		588 989	716 083	845 196
Стартовые инвестиции, \$	-3 400 000			
Чистый доход, \$	-3 400 000	1 251 601	1 521 676	1 796 043
NPV (3 года), \$	344 796			
IRR (3 года), %	15			



Рис. 2.
Треугольное распределение для моделирования цены продаж в первый год проекта

рынке достаточно жесткая, возможно ценовое давление со стороны других производителей аналогичных медикаментов. Это может привести к снижению цены ниже прогнозируемой, а также к изменению предполагаемого объема продаж. Помимо цены и объема продаж не поддается точному прогнозу будущая себестоимость пре-

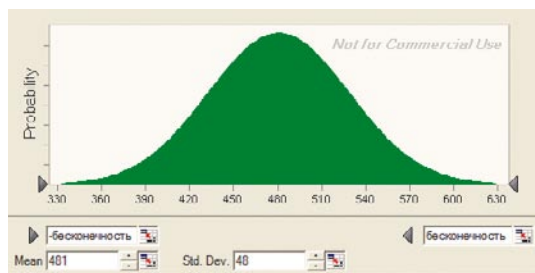


Рис. 3.
Нормальное распределение для моделирования объема продаж в первый год проекта

парата и операционные издержки – нередко эти показатели превышают запланированные значения. Кроме того, они могут колебаться из года в год.

В данном случае мы имеем дело с высоким уровнем непрерывной (рыночной) неопределенности. Поэтому стандартная финансовая модель, выстроенная по методу DCF, не может дать результатов, на основе которых можно было бы принять однозначное решение – приобретать патент или нет. Для одновременного учета неопределенности в цене, продажах, себестоимости и издержках подходит анализ по методу Монте-Карло. Основные параметры финансовой модели – цена, объем продаж – моделируются как случайные переменные, имеющие вероятностное распределение. Анализ Монте-Карло предоставит необходимую информацию для ведения более обоснованных переговоров о покупке патента на изготовление лекарства, а также позволит понять, какие факторы в наибольшей степени влияют на финансовые результаты проекта. Для моделирования цены продажи (в первый, второй и третий годы проекта отдельно) используется треугольное распределение: между минимальным и максимальным находится наиболее вероятное значение выбранного параметра. Такое распределение, как правило, используется для моделирования параметров, в значительной

степени контролируемых менеджерами проекта. Цена продажи в первый год (рис. 2) имеет минимальное значение \$5,90, максимальное – \$6,10 и наиболее вероятное значение \$6,00. Аналогично цена продажи для второго года имеет треугольное распределение с параметрами \$5,95, \$6,05 и \$6,15. Цена продажи в третий год имеет треугольное распределение с параметрами \$6,00, \$6,10 и \$6,20.

В отличие от цены, которая хотя и колеблется, но находится под контролем менеджеров компании, объем продаж зависит от неконтролируемых фирмой факторов. Как правило, объем продаж моделируется как случайная переменная с нормальным распределением.

Объем продаж в первый год (рис. 3) имеет нормальное распределение со средним значением (математическим ожиданием) 802 тыс. упаковок и стандартным отклонением 25 тыс. упаковок. Для второго и третьего года были получены следующие пары значений «ожидание / отклонение»: 967 тыс./30 тыс. и 1132 тыс./25 тыс. упаковок соответственно.

Себестоимость (как процент от продаж) имеет треугольное распределение с минимальным значением 50%, максимальным значением 65% и наиболее вероятным значением 55%. Следует отметить, что в данном случае треугольное распределение имеет не симметричную форму, а немного скошено вправо – себестоимость скорее будет завышена, чем занижена по сравнению с наиболее вероятным значением. Операционные издержки (процент от продаж) моделируется как нормальное распределение с ожиданием 15% и стандартным отклонением 2%.

Всего в ходе анализа Монте-Карло было сделано 10 тыс. повторов. При каждом повторе программа генерирует новые значения для случайных переменных (параметров финансовой модели) и вычисляет значение NPV проекта. Результаты анализа в виде гистограммы показаны на рис. 4 и обобщены в табл. 2.

Как видно из табл. 2, среднее значение NPV проекта составило всего \$202 тыс., что значительно меньше результата (\$344,8 тыс.), полученного стандартным методом дисконтированных потоков. Это расхождение – результат скошенного вправо распределения себестоимости.

Кроме того, анализ по методу Монте-Карло показывает, что вероятность получения положительного NPV проекта далека от 100%. Как видно из гистограммы, почти в 25% случаев прогнозируемый NPV проекта оказался отрицательным. В то же время при благоприятном стечении факторов NPV проекта может превышать \$1 млн.

Точная калибровка

В приведенном выше примере для моделирова-

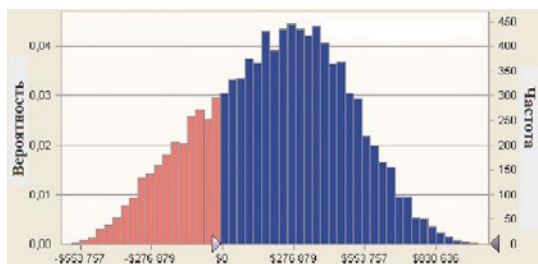


Рис. 4. Результаты анализа Монте-Карло: распределение NPV проекта

ния продаж было выбрано нормальное распределение. Однако в случае, если имеются исторические данные, рекомендуется использовать их для калибровки распределения, которое описывает параметры финансовой модели.

Предположим, требуется спрогнозировать валовую прибыль продаж двух продуктов, используя простую финансовую модель (см. табл. 3).

Однако на этот раз у нас есть исторические данные о продажах этих продуктов в течение 360 предыдущих периодов (рис. 5). В этом случае мы можем на основе имеющихся данных проверить, какое распределение лучше всего подходит для прогноза продаж.

Используя, как и в первом примере, программу Crystal Ball, удалось подобрать распределение, которое наиболее точно со статистической точки зрения подходит для моделирования продаж продукта (1): это лог-нормальное распределение с ожиданием 499 и стандартным отклонением 176 (рис. 6). Для продукта (2) лучше всего подходит нормальное распределение с ожиданием 481 и отклонением 48 (рис. 7).

Используя подобранные распределения, получаем прогноз совокупной валовой маржи продаж двух продуктов (рис. 8).

Непредсказуемое IPO

Давайте посмотрим на метод Монте-Карло в ситуации, когда требуется спрогнозировать цену акций компании. Задача – оценить стоимость компании Netscape Communication Corporation. Эта финансовая модель была разработана андеррайтерами компании при выходе Netscape на IPO. Размещение состоялось 9 августа 1995 года, а Netscape стала первой публичной интернет-компанией.

Андеррайтеры компании планировали предложить к размещению 5 млн акций допэмиссии по цене \$28 за каждую. До этого на венчурном этапе в Netscape было инвестировано только

ТАБЛИЦА 3. ПРОСТАЯ МОДЕЛЬ ПРОДАЖ ПРОДУКТОВ

	ПРОДУКТ 1	ПРОДУКТ 2
Продажи, шт.	562	508
Цена, \$	4,95	5,95
Себестоимость, \$	2,20	2,40
Валовая прибыль, \$	1546	1805
Совокупная валовая прибыль, \$	3 350	

\$27 млн, и к моменту выхода на IPO компания еще была убыточна. Балансовая стоимость компании составляла \$16 млн. При цене размещения \$28 за акцию рыночная капитализация Netscape должна была превысить \$1 млрд. Андеррайтеры рассчитали стоимость компании путем сложения чистой приведенной стоимости денежных потоков до 2005-го и конечной стоимости компании после 2005 года. Конечная стоимость была рассчитана исходя из предположения, что чистые денежные потоки после 2005 года будут расти с постоянным темпом роста g (4%).

Поскольку компания не имела долга, ставка дисконтирования денежных потоков равнялась стоимости акционерного капитала, которая была вычислена согласно модели CAPM по формуле: $r_e = r_f + \beta \times (r_m - r_f) = 6,71 + 1,5 \times 7,50 = 17,96\%$. Основные допущения модели и результаты вычислений приведены в табл. 4.

Основной компонент стоимости – полная приведенная стоимость, состоит из приведенной стоимости свободных денежных потоков и приведенной стоимости конечной (остаточной) стоимости фирмы. Коэффициент «Приведенной конечной стоимости к полной приведенной стоимости» равен 77%. Это означает, что 77% стоимости будет создано после 2005 года. Цена за акцию вычисляется делением полной приведенной стоимости фирмы на 38 млн акций (после IPO). Финансовая модель представлена в табл. 5. Стоимость компании наиболее чувствительна к величине трех параметров: темпам роста выручки, затратам на НИОКР и премии за рыночный риск. Дальнейшее исследование нужно проводить при помощи анализа Монте-Карло. Для моделирования использованы следующие статистические распределения:

- Ежегодные темпы роста выручки имеют нормальное распределение, с ожиданием 65% и стандартным отклонением 5%.

ТАБЛИЦА 2. РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА МОНТЕ-КАРЛО ДЛЯ NPV ПРОЕКТА

	СРЕДНЕЕ	МИНИМУМ	МАКСИМУМ	P10	P50	P90
NPV	202,3 тыс.	-637,9 тыс.	1044 тыс.	-189,8 тыс.	221,5 тыс.	560 тыс.

ТАБЛИЦА 4. ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ СТОИМОСТИ NETSCAPE COMMUNICATION CORPORATION

Выручка	Рост 65% в год
Операционные издержки	10,4% от выручки
Затраты на НИОКР	36,8% от выручки
Амортизация	5,5% выручки
Другие операционные издержки	Процент от выручки: сначала 80%, затем убывание до 20%
Прибыль до налогов	Выручка – операционные издержки – затраты на НИОКР – амортизация – другие издержки
Налоги	Прибыль до налогов x 0,34
Чистый доход	Прибыль до налогов – налоги
Капиталовложения	Процент от выручки: сначала от 45%, затем убывание до 10%
Δ Оборотный капитал	Процент от выручки: в данном случае 0%
Чистые денежные потоки	Чистый доход + амортизация - капвложения - Δ Оборотный капитал
Бета	1,5
Безрисковая ставка	6,71%
Премия за рыночный риск	7,5%
Стоимость АК	17,96%
Конечная стоимость на 2005 г.	$(ЧДП_{2005} \times (1 + g)) / (re - g)$
Чистая приведенная стоимость (NPV): \$1 млрд 57 млн.	
Соотношение: остаточная стоимость TV / NPV: 0,77	
Кол-во акций: 33 млн. Допэмиссия IPO: 5 млн. Итого: 38 млн акций. Цена за акцию: 27,82	
Всего в ходе IPO компания получит \$139 млн 100 тыс.	

ТАБЛИЦА 5. ФИНАНСОВАЯ МОДЕЛЬ СТОИМОСТИ КОМПАНИИ NETSCAPE COMMUNICATION CORPORATION

	ДАННЫЕ ПРОГНОЗ										
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Выручка	33 250	54 863	90 523	149 363	246 449	406 641	670 958	1 107 081	1 826 683	3 014 027	4 973 145
Операционные издержки	3472	5706	9414	15 534	25 631	42 291	69 780	115 136	189 975	313 459	517 207
Затраты на НИОКР	12 230	20 189	33 313	54 966	90 693	149 644	246 913	407 406	672 219	1 109 162	1 830 117
Амортизация	1836	3017	4979	8215	13 555	22 365	36 903	60 889	100 468	165 771	273 523
Другие опер. издержки	26 898	43 890	58 840	82 150	110 902	142 324	167 739	221 416	365 337	602 805	994 629
Прибыль до налогов	-11 186	-17 940	-16 023	-11 501	5668	50 017	149 624	302 233	498 684	822 829	1 357 668
Налоги	-3803	-6100	-5448	-3910	1927	17 006	50 872	102 759	169 553	279 762	461 607
Чистый доход	-7383	-11 840	-10 575	-7591	3741	33 011	98 752	199 474	329 132	543 067	896 061
Капиталовложения	15 236	24 688	36 209	44 809	49 290	40 664	67 096	110 708	182 668	301 403	497 314
Оборотный капитал	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Чистые денежные потоки	-20 783	-33 511	-41 805	-44 185	-31 994	14 712	68 558	149 655	246 931	407 436	672 270
Конечная стоимость 2005	5 008 313										
ПС ЧДП (PV FCF)	243 196										
ПС КС (PV TV)	813 971										
Итого: ПС (PV)	1 057 167										

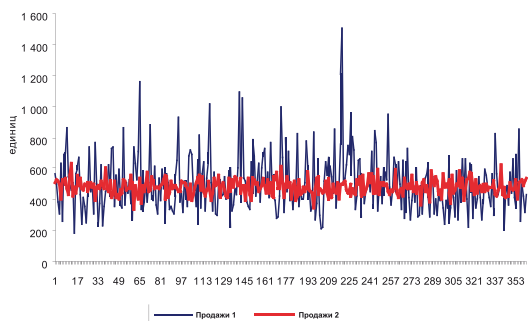


Рис. 5. Продажи продукта (1) и продукта (2)

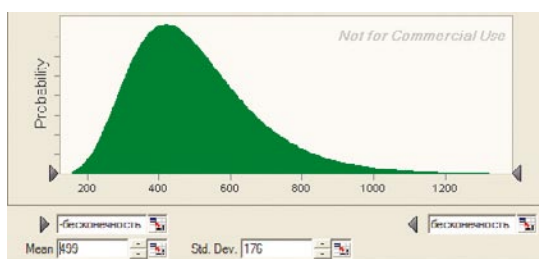


Рис. 6. Продажи. Распределение для продукта (1)

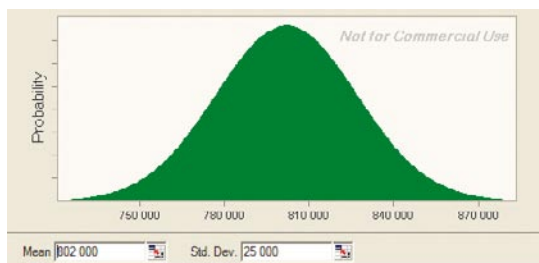


Рис. 7. Продажи. Распределение для продукта (2)

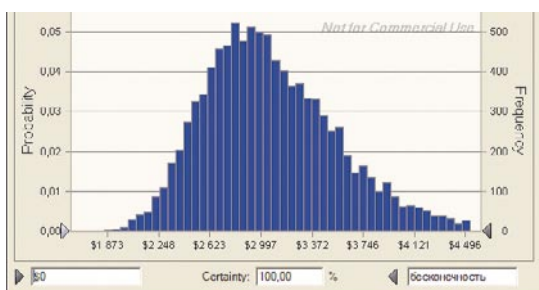


Рис. 8. Прогноз совокупной валовой марки продаж двух продуктов

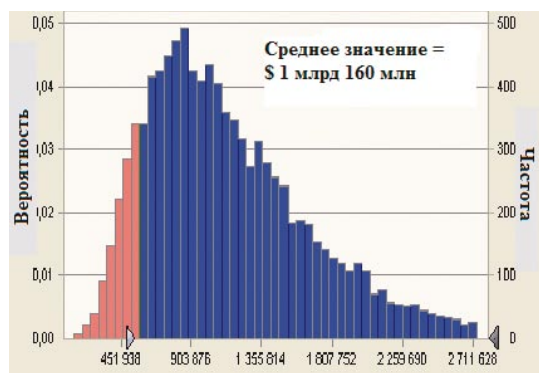
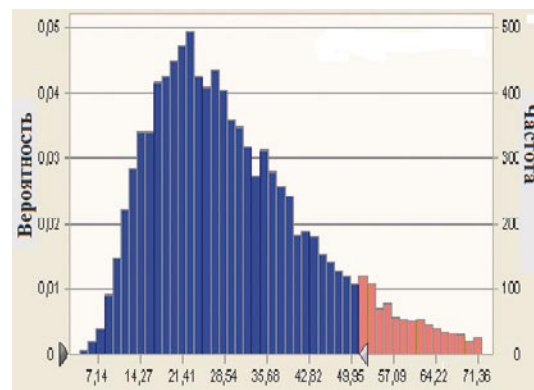


Рис. 9. Распределение стоимости компании. Среднее значение равно \$1160 млн

Рис. 10. Распределение стоимости за одну акцию



- Затраты на НИОКР имеют треугольное распределение: минимум 32%, максимум 42%, наиболее вероятное значение 37%.
- Премия за рыночный риск имеет прямоугольное (однородное) распределение: минимум 5%, максимум 10%. При этом все значения равновероятно распределены между минимумом и максимумом.
- При моделировании было использовано 10 тыс. повторов.

Результаты анализа стоимости компании и стоимости одной акции по методу Монте-Карло показаны на рис. 9 и рис. 10.

Как видно из результатов анализа, средняя стоимость компании составляет около \$1160 млн. Однако существует вероятность (10%), что стоимость компании будет ниже \$553 млн, а при стечении самых неблагоприятных обстоятельств этот показатель может снизиться до \$152 млн. Цена одной акции также колеблется в очень широком диапазоне – от \$4 до \$118. Средняя цена составляет \$30,53. Результаты анализа показывают, что акции, купленные по цене \$28, могут в определенных условиях стоить всего \$4. В то же время у инвесторов есть шанс того (вероятность – 10%), что цена акций может превысить \$50.

Таким образом, метод Монте-Карло позволяет понять: при выходе на IPO уровень неопределенности чрезвычайно высок.

Инвесторы, покупающие акции компаний, должны четко представлять себе возможные риски колебания цен. Анализ Монте-Карло позволяет количественно просчитать и графически описать подобные риски. Представляется, что этот метод должен стать настольным инструментом для всех аналитиков инвестиционных банков, а инвестиционные отчеты о компаниях должны содержать не просто общие рассуждения о потенциальных рисках, но и отдельный раздел, где обсуждаются результаты анализа Монте-Карло для цены акций компании. ■