

**Завельский М.Г., Бучаев Я.Г.**

## **ОСНОВЫ СИСТЕМНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ОПЕРАЦИЙ НА РЫНКЕ КАПИТАЛОВ\***

### **Финансирование предпринимательства и ценные бумаги**

Предпринимательство в условиях рыночного хозяйства требует денег, которые, выступая всеобщим товарным эквивалентом, служат мерой сравнения различных благ. Как высоколиквидное средство обращения они наделены покупательной способностью, а в качестве инструмента накопления дают возможность сохранять ее. Бизнес черпает их из двух источников: собственных доходов и привлеченных ресурсов. Поступление тех и других опосредствуется продуктовыми, сырьевыми, другими «натуральными» рынками, благодаря действиям на которых формируются собственные доходы предприятия, и финансовым рынком, который позволяет нуждающимся использовать «чужие» деньги, ибо происходящее там обеспечивает их перераспределение между участниками хозяйства.

Движение денежных средств на этом рынке возможно в формах банковских кредитов и ценных бумаг. Одни - объект операций по поводу платных и возвратных ссуд, не обусловленных оформлением документов, которые бы самостоятельно обращались, другие - объект операций по поводу кредитных отношений и отношений совладения, которые выражаются через эмиссию, куплю, продажу, погашение таких документов - ценных бумаг, имеющих собственную стоимость, которая определяет капитализацию их рынка. Эти бумаги представляют собой фондовые активы. Их происхождение сопряжено с тем, что сбережения по величине отличаются от вкладов владельцев последних в реальные активы. У кого-то они превышают такие инвестиции, а у кого-то - наоборот, и одни предоставляют другим недостающий капитал, приобретая выпущенные ими ценные бумаги, которые становятся финансовыми обязательствами

\*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Гуманитарного Научного Фонда (проект 08-02-00020).

эмитентов (как и кредиторская задолженность).

Активность предпринимателей, требующая долгосрочных и среднесрочных вложений, в отсутствие таких бумаг ограничивалась бы доходами каждого от реализации его продукции (за вычетом дебиторской задолженности) и займами на ссудном рынке. Но там преобладают «короткие деньги». Поэтому многими эффективными проектами пришлось бы повременить, рискуя тем, что они утратят свою привлекательность, а случись это, и вовсе распрощаться с намерением реализовать их.

Эффективность хозяйства в целом тем выше, чем более совершенны финансовые рынки страны вообще и фондовый прежде всего. Этому способствует ряд обстоятельств:

- распространенность отказа от банковского посредничества на ссудном рынке в пользу прямого выпуска и финансирования ценных бумаг с ростом их роли как формы заимствований через секьюритизацию, которая позволяет выпуском ценных бумаг под пул, объединяющий неликвидные активы, снизить трансакционные издержки на кредит;
- высокая эффективность финансового посредничества коммерческих банков, страховых компаний, пенсионных фондов и т.д. (они скупают ценные бумаги и взамен эмитируют собственные, приспособив их по номиналу и типу к пожеланиям инвесторов, а тем самым добиваясь более экономного с позиций издержек и удобного для клиентов перетока сбережений в кредиты их конечным пользователям);
- размах институционального инвестирования в ценные бумаги вышеназванными и другими посредниками, а также финансовыми компаниями, которые, аккумулируя денежные средства главным образом через выпуск акций, но и путем получения кредитов, отчасти долгосрочных, в основном от коммерческих банков, выдают ссуды на личные потребительские нужды или (под обеспечение) на бизнес с погашением в рассрочку;
- развитость вторичного рынка ценных бумаг, который, обеспечивая их ликвидность путем перепродажи, содействует укреплению и расширению первичного рынка, где совершается движение денег от владельцев к конечным пользователям сбережений.

Однако важнейшим обстоятельством является методическая состоятельность финансовых брокеров, задача которых - найдя и сведя друг с другом тех, кто имеет сбережения, и участников хозяйства, нуждающихся в деньгах, уравновесить спрос на капитал с его предложением. Причем, сделать это нужно оптимальным образом, т.е. средства для его покрытия, согласен заплатить за них, продавая данный фондовый актив, осуществляя такие операции с ценными бумагами, которые наиболее эф-

фективны для каждого клиента в качестве их владельца или инвестора. Брокерские фирмы действуют для этого чаще всего на вторичном фондовом рынке, но некоторые преимущественно на первичном: таковы инвестиционные банки, которые подражаются на гарантированное размещение новых выпусков ценных бумаг различных эмитентов, или ипотечные, скупающие и распространяющие в виде ценных бумаг закладные на обеспечение ссуд.

Эффективность этих операций зависит от ожидаемого в результате каждой дохода и сопряженного с ней риска. Такой доход определяется ценой, которую участник хозяйства, испытывающий дефицит капитала и состязающийся с другими претендентами на средства для его покрытия, согласен заплатить за них, продавая данный фондовый актив, или - ценой его покупки владельцами соответствующих сбережений. Они достаются тем, кто готов больше конкурентов заплатить за них, потому что может прибыльней вложить эти средства. Однако фактический доход корректируется налогообложением, ставки которого часто неодинаковы для получаемого по бумагам разных эмитентов (например, корпоративным и региональным или муниципальным), и обычно не совпадает с ожидаемым. В этом заключен риск операций на фондовом рынке.

Такой риск, будучи тем выше, чем сильнее колеблется цена фондового инструмента, различен применительно к отдельным активам и операциям с ними, что зависит от многих условий - его источников. Прежде всего, сказывается возможность неуплаты заемщиком основной суммы долга и (или) процентов по нему. Отсюда та или иная степень неопределенности дохода от инвестиций в ценные бумаги. Этот, деловой риск зависит от специфики бизнеса и эффективности управления им, характерных для каждого эмитента, от срока обращения бумаги, ее номинала и т.д. Далее - ликвидность фондового инструмента (шанс для владельца быстро продать его за наличные деньги в значительных объемах по приемлемой цене, без сколь либо ощутимых уступок). Она тем выше, чем активней рынок данной бумаги, что связано с хорошей оценкой инвесторами экономических перспектив сферы предпринимательства эмитента и его собственных способностей использовать положительные возможности или противостоять угрозам.

Неопределенность дохода от вложений в ценные бумаги, порождаемая комбинацией в активах эмитента собственных средств с заемными, представляет собой финансовый риск, который тем более велик, чем весомей доля последних. Риск возникает также из-за инфляции, вследствие изменений рыночных процентных ставок, по причине глобальных, касающихся всего рынка (как, скажем, угроза войны), и неожиданных

локальных событий (затрагивающих лишь отдельные компании или объекты и немедленно воздействующих на стоимость фондового актива независимо от состояния дел у эмитента как, например, при его поглощении или выкупе за счет займа). Общая закономерность всех этих ситуаций такова, что чем выше риск, тем весомее должна быть ценовая компенсация за него. Инвестору важно, чтобы более рискованные вложения обеспечивали большую ожидаемую доходность, и он старается либо добиться ее желаемого уровня с наименьшим риском, либо максимизировать ее при риске, который приемлет.

Совокупный риск вложений в ценные бумаги расчленяется на диверсифицируемый (несистематический) и недиверсифицируемый (систематический). Один проистекает от неконтролируемых или случайных событий и его можно уменьшить сознательным подбором комбинации из ценных бумаг с определенной взаимозависимостью доходности соответствующих инвестиций. Другой, неустрашимый, связан с силами, которые воздействуют на все фондовые инструменты, причем каждому присущ собственный уровень этого риска, измеряемый  $\beta$ -фактором [4]. Он определяется анализом регрессии фактической доходности конкретного актива ( $y$ ) по доходности всего рынка ценных бумаг ( $x$ ), представленного каким-либо интегральным фондовым индексом, и показывает, как цена конкретного фондового актива реагирует на общерыночную динамику.

Доходность вложений в ценные бумаги, способная компенсировать инвестору этот риск, исчисляется по модели CAPM, аналитически представляемой уравнением:

$$D_i = D_{op} + [\beta_i \times (D_p - D_{op})], \quad (1)$$

где  $D_i$  - требуемая доходность вложений в  $i$ -й фондовый инструмент;  $D_{op}$  - доходность безрисковых активов (средняя доходность казначейских векселей за последний год);  $D_p$  - общерыночная доходность (например, средняя за несколько последних лет годовая доходность акций, входящих в список интегрального фондового индекса);  $\beta_i$  - текущий  $\beta$ -фактор  $i$ -го фондового инструмента. Каждая точка кривой, являющейся графическим образом уравнения (1), показывает доходность, необходимую инвестору для компенсации конкретного уровня недиверсифицируемого риска по данной ценной бумаге.

Наименьший риск характерен для таких высоколиквидных активов, как краткосрочные казначейские и коммерческие векселя, депозитные сертификаты и т.п. Они обращаются на денежном рынке. Это - особый сектор фондового рынка (к его инструментам не относятся краткос-

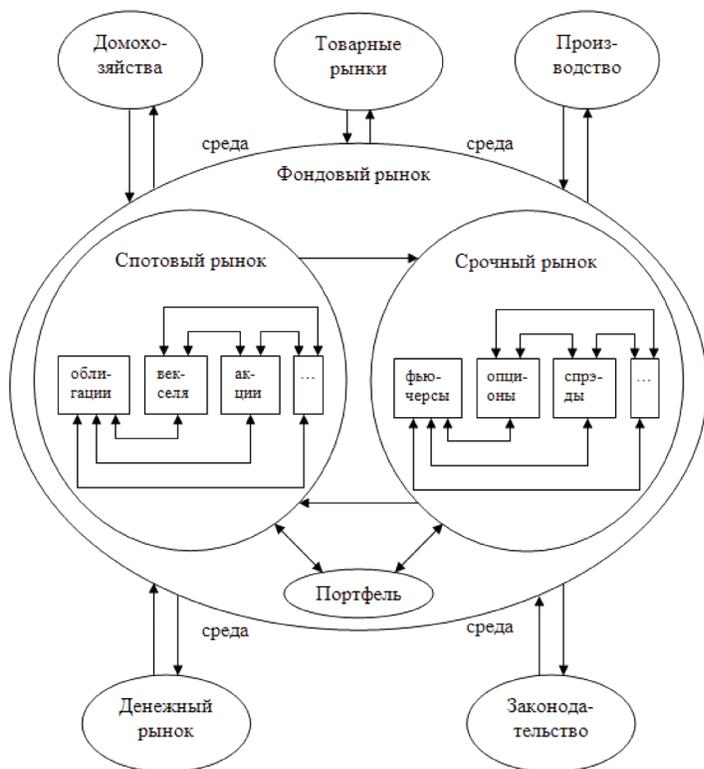
рочные банковские ссуды предприятиям), где процентные ставки очень чувствительны к постоянным изменениям спроса-предложения и большие объемы таких бумаг поддаются быстрому обмену на наличность с малоощутимым отклонением от цены предшествующей сделки. Гораздо изменчивей иной сектор - рынок капиталов. На нем приходится иметь дело с относительно долгосрочными ценными бумагами (облигациями, акциями и т.д.). Инвестировать в них значительно рискованней, чем в активы денежного рынка, однако при этом можно получить и куда больший доход. Эффективность операций на этом рынке самым существенным образом влияет на финансовые возможности не просто текущего функционирования, но развития хозяйства.

## **2. Системные свойства рынка капиталов**

Успехи участников рынка капиталов существенно зависят от их способности в достаточной степени использовать его потенциал, комбинируя те возможности, которые он предоставляет как сложная открытая динамичная система. В свою очередь, это определяется умением анализировать его именно в качестве такой системы. Известно, что ей присущи следующие свойства:

- состоит из множества сопряженных разнообразными связями и отношениями компонентов со специфическими атрибутами;
- для своего выживания требует, чтобы различные ее ингредиенты, в том числе информация, перемещались внутри нее, а также между нею и внешней средой, причем при устойчивом состоянии системы это компенсируется преобразованием их форм;
- обладает свойствами целостности, которые неаддитивны относительно качеств ее элементов, и способна к саморегулированию посредством гомеостатических изменений;
- изменения каких-то ее компонентов по каналам их связей распространяются на другие и вызывают ее общее преобразование.

Рынок капиталов, рассматриваемый под таким углом зрения, схематично представлен на Рис.1. Прежде всего, ценные бумаги, которые на нем обращаются, имеют разнообразные свойства и поддаются классификации по множеству признаков. Стало быть, он полиструктурен. При этом совершаемое в какой-то из его плоскостей может либо потворствовать продуктивности происходящего в иных ракурсах, либо наоборот. На общей эффективности поведения инвесторов это отражается и непосредственно, и благодаря их действиям, которые возбуждаются в прочих сегментах данного рынка, и вследствие реакции на то и другое его внеш-



**Рис.1.** Рынок капиталов как сложная система

ней среды (иных секторов финансового рынка, товарных рынков, производства, населения, законодательной сферы). Фондовые инструменты с каждым характерным набором признаков используются в самостоятельной части рынка капиталов, и она расчленяется на сегменты (в любом обращаются конкретные бумаги определенной даты выпуска или срочности действия и т.п.). Кроме того, этот рынок подразделяется по функциональному назначению (на первичные и вторичные, спотовые и срочные или контрактов на различные фондовые ценности).

Любая коммерческая бумага имеет рыночную цену (курс или биржевую котировку) и может обеспечивать прирост капитала владельца или вводить его в убыток на разницу между ценами ее покупки и продажи. Полный доход инвестора складывается из такого курсового прироста и процента или дивиденда, получаемого за время владения бумагой, за вычетом транзакционных издержек. Его отношение к вложенному соб-

ственному капиталу характеризует доходность инструмента. Она тем выше, чем меньше этот капитал за счет допустимого использования привлеченных средств или «бумажной» прибыли от предыдущих сделок либо из-за малых в сравнении с курсом базового актива затрат на приобретение производной бумаги. Подобный прирост доходности - «*эффект рычага*».

Получение такого дохода зависит от того, насколько точно инвестор предвидит сдвиги курсов ценных бумаг. Его действия, направленные на получение при приемлемом риске максимальной прибыли за счет курсового выигрыша, представляют собой игру либо «на повышение» (покупка инструментов для последующей продажи по их возросшим рыночным ценам), либо «на понижение» (их сбыт в предвидении падения котировок с дальнейшим откупом по более низким ценам). Если конъюнктурные прогнозы инвестора оправдываются, он извлекает прибыль, покрываемую убытками других участников рынка, а иначе несет потери. Игра возможна лишь за свой счет или с привлечением заемных средств, создающих «*эффект рычага*», но при установленном биржей обязательном проценте покрытия собственным капиталом инвестора стоимости его сделок (маржа).

Основные применяемые при биржевой игре операции - это «длинная покупка» (приобретение инструмента с надеждой на его подорожание и курсовой доход при сбыте), «короткая продажа без покрытия» (поставка бумаг, взятых в долг, с возвратом кредитору путем их откупа позже по ожидаемому более низкому курсу), «продажа без покрытия против сейфа» (комбинация «длинной покупки», защищающая полученную при этом прибыль или откладывающая уплату налога на нее, с «продажей без покрытия» аналогичных бумаг), «построение пирамиды» (комбинация уже сделанных покупок в кредит с последующими, расходы на которые в какой-то степени покрываются нереализованной, «бумажной» прибылью от отложенного сбыта состоявшихся удачных приобретений).

Действия на спотовом рынке обычно сочетаются с операциями на срочном. «*Продажа без покрытия*» чаще всего осуществляется с получением инвестором нужных для нее бумаг через РЕПО-сделку, т.е. заем, обеспечением которого служат сами эти бумаги (их поставка заемщику с обязательством выкупить у того по оговоренной цене в определенный день в будущем). На срочном рынке можно одновременно купить фьючерс (опцион) на один актив, продать - на другой и таким образом смягчить негативные последствия ошибочных ожиданий, хотя при их подтверждении прибыль сократится. Границы проигрыша или выигрыша определяются спредом - разностью в доходностях бумаг, являющихся

базовыми для этих производных инструментов. Можно торговать и самим спрэдом, причем если тот после его покупки инвестором со временем возрастает, а после продажи уменьшается, то данный участник игры привлекает прибыль.

Фьючерсные контракты, не ликвидированные офсетной сделкой, обязательны для исполнения и потому при заблуждениях инвестора касательно будущих сдвигов цен могут ввести его в ощутимые убытки. Ограничить такой риск не более чем заранее известной суммой, способно обращение к опционам, потенциальный выигрыш от которых неопределен. Но для этого и вообще для получения прибыли порою требуются правильные предвидения очень сильного роста или спада цен базовых активов и весьма сложные сочетания как самих операций, так и их объектов, комбинирующие продажу или (и) покупку в определенных соотношениях опционов разных типов с различными параметрами.

Свойства возможных действий на рынке капиталов и обращающихся там ценных бумаг, сопряженность этих действий и их объектов многообразными отношениями подсказывают необходимость системного подхода к его прогнозированию и операциям на нем. При этом не только требуется учитывать возможность создания одними операциями предпосылок для выполнения других, которые своими доходами способны с лихвой компенсировать потери, вызываемые ими, или застраховать поступления от них, снизить общие транзакционные издержки и т.п. Следует принимать во внимание и то, как действия с какими-то активами отзовутся на конъюнктуре иных благодаря перемещению информации внутри рынка, между ним и внешней средой, отразятся на его структуре из-за появления новых фондовых активов, призванных компенсировать последствия этого, обеспечив его устойчивость в целом, несмотря на увядание отдельных сегментов.

Последние десятилетия отмечены немалыми фондовыми новшествами (секьюритизация финансовых активов как общее повышение роли ценных бумаг в качестве инструментов заимствования, появление стриппированных облигаций, процентных и мультивалютных свопов, изоциренных фьючерсов и опционов, РЕПО-рынка, торговли спрэдами и т.д.). Они мотивированы стремлением увеличить доходность фондовых операций. Обеспечить это могут такие их инструменты, которые, не порождая прибыль из воздуха, делают рынок капиталов, во-первых, более эффективным с точки зрения уменьшения затрат на переток через него сбережений к тем, кто нуждается в денежных средствах, и, во-вторых, более универсальным (наращивают число инвесторов, которым он способен предложить ликвидные ценные бумаги, удовлетворяющие их спрос).

Справедливо мнение, что эффективность и универсальность не являются заранее заданными свойствами рынка капиталов, степень того и другого зависит от состояния его внешней среды [10, с.59]. Рост процентного, инфляционного, других уже упомянутых рисков, проистекающих от ее свойств (в том числе - правил поведения участников торгов ценными бумагами, налогообложения доходов от них и т.п.), - признак недостаточной эффективности и универсальности этого рынка, что и побуждает к инновациям на нем, подстегиваемым прогрессом в сферах информационных технологий, математического моделирования, компьютеризации финансового бизнеса, но несовершенство его институциональной среды способно подталкивать и к таким, из-за которых возникают «воздушные пузыри», рассматриваемые как первопричина нынешнего экономического кризиса.

### 3. Математические методы при принятии решений на рынке капиталов

Эффективная деятельности на рынке капиталов требует достаточно точного прогнозирования возможной доходности различных операций и сопряженных с ними рисков. Многие специалисты внесли значительный вклад в разработку предназначенных для этого математических методов, им посвящена обширная зарубежная и отечественная литература. Эти методы широко используются на практике, причем их применение зависит от взгляда на свойства динамики цен фондовых активов: сегодня соперничают теории эффективно функционирующего рынка и хаоса. Согласно первой и пока преобладающей, справедливый курс такого актива равен его инвестиционной стоимости, которая может быть определена, поскольку любая необходимая для этого информация, отражаясь в рыночных ценах фондовых инструментов, общедоступна.

Этой теории следуют статистические методы прогнозирования состояния рынка ценных бумаг: экстраполяция, цепной метод как увязка будущих курсов с предшествующими, сценарный метод или гипотетическое прогнозирование и имитационное моделирование [1, 2, 8 и др.]. Наиболее распространены следующие варианты экстраполяции:

- расчет на базе ретроспективной информации трендов цен

$$y=f(t), \tag{2}$$

где  $y$  - цена актива;  $t$  - момент на шкале времени;

- выявление на основе такой информации и использование для про-

гноза многофакторных статистических зависимостей - чаще всего функций

$$y = a_0 \cdot x_1^{a_1} \cdot x_2^{a_2} \cdot \dots \cdot x_n^{a_n}, \quad (3)$$

где  $x_1, x_2, \dots, x_n$  - факторы влияющие на цену, например, рыночный процент, биржевые индексы, темп инфляции и т.п.;  $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$  - параметры, определяемые МНК [1];

- фазовый анализ рынка (в простейшем случае по исходному временному ряду находится величина  $m$  такая, что если  $y(t) > m$ , то имеет место подъем, если же  $y(t) < m$  - спад ценовой волны, и условие  $y(t-1) < m$  при  $y(t) > m$  означает переход из отрицательной фазы в положительную, а  $y(t-1) > m$  при  $y(t) < m$  - наоборот; более строго волновое движение цены определяется спектральным анализом ряда.

Цепной метод предполагает выявление зависимости цены в текущий момент от ее значений в предшествующие моменты на основе автокорреляционной функции

$$y(t) = f[y(t-1), y(t-2), \dots, y(t-n)], \quad (4)$$

которая строится путем статистической обработки временного ряда.

Гипотетическое прогнозирование базируется на разработке предполагаемых сценариев разворота событий вокруг фондового рынка и оценивании вероятностей таких событий, каждое из которых способно вызвать то или иное из ряда возможных изменений цены данного актива, а также - распределения вероятностей этих изменений. Наиболее вероятное изменение прогнозируется как

$$\Delta y = \sum_i \sum_j d_{ij} \cdot p_{ij} \cdot P_j, \quad (5)$$

где  $d_{ij}$  -  $i$ -е изменение цены актива при  $j$ -м событии;  $p_{ij}$  - вероятность  $i$ -го изменения цены актива при  $j$ -м событии;  $P_j$  - вероятность  $j$ -го события во внешней среде фондового рынка.

Имитационное моделирование позволяет спрогнозировать наиболее вероятные значения цен фондовых активов в различные моменты в будущем по фиксируемым результатам реализаций того, что происходит на рынке, как случайного процесса, которые осуществляются его многократным компьютерным воспроизведением. Применительно к рынку капиталов требуется предварительно на основе информации прошлого выяснить законы распределения потоков заявок на покупку и на продажу каждого актива, а также задаться какой-то организацией торгов. Она довольно консервативна, но эти законы изменчивы под влиянием

всякого рода событий вне рынка, что ухудшает качество прогнозов и подсказывает необходимость сочетать такое моделирование с другими методами.

Теория хаоса исходит из того, что поведение рынка капиталов - результат множества нелинейных детерминированных взаимодействий, реализующих внутренний механизм обратной связи, а потому даже небольшое изменение начальных условий может приводить к совершенно иному движению цен. Такому поведению более всего подходит описание с помощью ограниченных во времени, но значительных по амплитуде возмущений, тогда как при анализе истории рынка линейными методами достижимые на нем доходы представляются, как правило, результатами «белого шума». Поэтому, опираясь на такую гипотезу, иногда удается обнаружить возможности «дополнительного» дохода, которые различимы, если действовать, следуя теории эффективного рынка, и она позволяет построить модели, лучше описывающие «влияние прошлого на настоящее».

Детерминированным хаосом занимается синергетика [7 и др.], рассматривающая сложный процесс как иерархию относительно автономных самоорганизующихся явлений, причем в нем сигналы, исходящие «сверху», влияют на такое саморегулирование «внизу» и определяют переходы от одного устойчивого состояния к другому. Это описывается системой дифференциальных уравнений в частных производных, где зависимая переменная того или иного уравнения может быть входной для иных. В целом система содержит одинаковое число уравнений и эндогенных для нее переменных. Для ее решения используется двухшаговый или косвенный метод наименьших квадратов. Однако обычно отсутствуют априорные знания о том, какие переменные должны входить в такую модель, и как они связаны. Для выявления этого все чаще используется метод нейронных сетей.

Последние годы приобрела популярность предложенная Дж. Соросом теория рефлексивности [3]. В ней признается, что предпосылки теории эффективного рынка отличаются от действительности и несовпадение фактических результатов деятельности на нем с тем, что инвесторы ожидали, вызывает постоянную коррекцию ими своего поведения, а она влечет изменения самой реальности. Таким образом, осуществляются постоянные переходы от наблюдаемых условий этой деятельности к таким, какими они предстают в понимании инвесторов, что придает ситуации неопределенность, которая усиливается по мере того, как ожидания относительно будущего хода событий оказывают все большее влияние на текущие действия участников рынка. Взаимосвязь реальности с их

мышлением отображается двумя зависимостями: когнитивной (пассивной), когда ее восприятие инвесторами ( $y$ ), пытающимися понять ситуацию ( $x$ ), выступает как функция

$$y=f(x), \quad (6)$$

и - воздействующей (активной), когда сама ситуация оборачивается функцией

$$x=\varphi(y). \quad (7)$$

Получается, что здесь и она, и взгляды участников рынка на нее - зависимые переменные, поскольку имеют место соотношения

$$y=f[\varphi(y)], \quad (8)$$

$$x=\varphi[f(x)], \quad (9)$$

влекущие непрерывный процесс изменений, которые не дают установиться равновесию. При этом события, правильно прогнозируемые участниками рынка, не вносят изменений в восприятие ими реальности и к такой ситуации приложима теория равновесия, а иные, уникальные события влияют на понимание ими ситуации и отражаются на ней самой, так что кривые спроса и предложения, оказываясь результатом срабатывания активной (воздействующей) функции, становятся динамичными. Этой теории в наибольшей степени соответствует применение в прогнозировании движения рынка капиталов методов типа Делфи и т.п., - используемых в рамках экспертных систем [11 и др.].

Некоторые из названных методов применимы не только для прогнозирования движения рынка капиталов, но и как технологии выработки оптимальных решений касательно операций на нем. В данной плоскости особо следует отметить различные алгоритмы математического программирования в качестве инструментов формирования наилучшего портфеля ценных бумаг с учетом всякого рода особенностей этого процесса. Однако и те и другие, будучи практически полезными, имеют *существенный недостаток*. Это - приспособленность к предвидению последствий конкретной операции с каким-то *отдельно взятым* фондовым инструментом. А наиболее продуктивное использование возможностей, предоставляемых ею, требует оценить изменения доходности и риска вложений при таком комбинировании разных операций с разными активами, которое охватывает различные сегменты рынка капиталов. Но для этого необходимо *системное моделирование* операций на нем, способное обеспечить учет эффектов их взаимодействия.

#### **4. Принципы системного моделирования рынка капиталов**

Такое моделирование исходит из двух основных предпосылок. С одной стороны - это необходимость сочетания разных методов применительно к решению на рынке капиталов каждой данной задачи, будь то прогнозирование движения цен или выбор наилучшей альтернативы из ряда доступных. С другой стороны - это четкая иерархическая структуризация отображаемого объекта с выделением последовательных уровней, состоящих из относительно самостоятельных компонентов, и определение каналов связей между ними, позволяющих реализоваться системным эффектам. В деятельности на фондовом рынке четко различимы три таких уровня:

- индивидуальные операции с реальными активами (облигациями, акциями и т.п.), т.е. функционирование спотового рынка;
- индивидуальные операции с производными фондовыми инструментами (фьючерсами, опционами и т.п.), т.е. функционирование срочного рынка;
- формирование фондовых портфелей и управление ими.

Общий объем инвестиционных ресурсов на этом рынке в каждый текущий момент ограничен. Если иметь в виду определенный уровень, допустим первый, и отвлечься от остальных, то вследствие этого при прочих равных условиях увеличение вложений в какие-то активы либо влечет уменьшение возможных инвестиций в другие, либо сопряжено с усилением в отношении них противоположных действий (скажем, чтобы расширить покупки одних фондовых инструментов, нужно продать другие). Это изменяет спрос и предложение на рынках конкретных ценных бумаг, следствием чего оказываются сдвиги их котировок и, стало быть, доходности соответствующих вложений.

Это не значит, что инвестирование в какие-то ценные бумаги неизбежно чревато упущенной выгодой из-за уменьшения вложений в иные (т.е. возникновением положительной альтернативной стоимости, которая увеличивает издержки). Обычно на фондовом рынке присутствуют активы с прогнозируемой на ближайшее будущее качественно разной ценовой динамикой: ожидается рост котировок одних и снижение курсов других. При этом доходность инвестиций в первые (для оплаты их длинной покупки в игре на повышение) может возрасти, если такие вложения увеличить за счет выручки от синхронного сбыта вторых (их короткой продажи в игре на понижение). Здесь налицо «отрицательная альтернативная стоимость», сокращающая издержки. Чтобы найти наи-

более эффективное сочетание названных операций, требуется совместное измерение их доходностей и рисков, т.е. взаимоувязка моделей игр на повышение и на понижение.

Допустим, при фиксированном размере маржи одновременно осуществляются покупка в кредит одних активов (с прогнозируемым ростом котировок) и продажа без покрытия других (с ожидаемым снижением цен). Если эти операции автономны, то доходность каждой без учета комиссионных выплат составит

$$d_1 = [TD(1) - R(1) + S_{\text{пр}}(1) - S_{\text{пок}}(1)] / CK(1), \quad (10)$$

$$d_2 = [S_{\text{пр}}(2) - S_{\text{пок}}(2) - \text{div}_{\text{бр}}(2)] / CK(2), \quad (11)$$

где  $d_1$  - доходность длинной покупки в кредит;  $d_2$  - доходность продажи без покрытия;  $TD(1)$  - совокупный текущий доход по объекту длинной покупки;  $R(1)$  - совокупные проценты, выплаченные по брокерской ссуде при длинной покупке;  $S_{\text{пр}}(1)$  и  $S_{\text{пок}}(1)$  - ожидаемая выручка от продажи и стоимость покупки объекта первой операции;  $CK(1)$  - собственный капитал, инвестированный в нее;  $S_{\text{пр}}(2)$  и  $S_{\text{пок}}(2)$  - выручка от продажи и ожидаемая стоимость покупки объекта второй операции;  $\text{div}_{\text{бр}}(2)$  - дивиденды (проценты), выплаченные брокеру, предоставившему объект второй операции;  $CK(2)$  - собственный капитал, инвестированный в нее. Совокупная доходность этих игр достигнет

$$d = [TD(1) - R(1) + S_{\text{пр}}(1) - S_{\text{пок}}(1) + S_{\text{пр}}(2) - S_{\text{пок}}(2) - \text{div}_{\text{бр}}(2)] / [CK(1) + CK(2)]. \quad (12)$$

Пусть теперь эти операции выполняются взаимосвязано - с использованием выручки от короткой продажи для длинной покупки - и соответственно моделируются. Тогда их общая доходность составит

$$d' = [TD(1) - R(1) + S_{\text{пр}}(1) - S_{\text{пок}}(1) - S_{\text{пок}}(2) - \text{div}_{\text{бр}}(2)] / [CK(1) + CK(2) - S_{\text{пр}}(2)] \quad (13)$$

и будет выше, чем при автономных действиях.

Однако равенство прочих условий предполагает, что цены торгуемых активов не меняются при сдвиге на шкале времени моментов синхронизации начала и завершения рассматриваемых операций, тогда как в действительности это не так, а потому при измерении их ожидаемых результатов следует учитывать еще и ценовую динамику в зависимости от выбора соответствующих моментов, т.е. взаимоувязка локальных моделей эффективности должна быть динамической.

Расширим теперь поле обзора, включив в него следующий уровень системы - деятельность на срочном рынке. Ее от операций на спото-

вом отличают ощутимо меньшие вложения собственного капитала: так, начальный залог при заключении фьючерсного контракта или цена опциона не превышает 10% стоимости его базового актива. К тому же направление этой деятельности обычно противоположно характеру сделок с самими базовыми активами срочных контрактов (если одни продаются, то другие откупаются, и наоборот). В итоге возникают возможности, во-первых, сэкономить ресурсы для наращивания масштабов таких сделок, во-вторых, защититься от ценовых рисков вложений в них, в-третьих, использовать выручку от операций на одном уровне для их финансирования на ином и, таким образом, повысить общую доходность инвестиций на рынке капиталов.

Однако эффективная реализация этих возможностей предполагает учет того, как влияют действия в рамках спотового рынка на ценовую конъюнктуру срочного, а операции в его пределах на динамику котировок базовых активов, имея в виду, что соотношение между спотовой ценой и срочной в существенной мере - следствие соотношения спроса и предложения конкретного базового актива. При их равенстве одна превысит другую (приведенную к текущему моменту путем дисконтирования) на столько, сколько его покупателю не жалко заплатить во избежание ценового риска, причем обычно эта величина возрастает, если предложение недостаточно. Когда же оно избыточно, срочная цена, наоборот, превосходит спотовую. А совершаемое на срочном рынке обостряет конкуренцию на спотовом и повышает его ликвидность, уменьшая там размах колебаний цен.

Срочная цена, фиксируемая при заключении фьючерсного контракта и отражающая ожидания инвесторов относительно будущей спотовой цены его базового актива, обычно отличается от такой цены в данный момент, т.е. имеет место либо «контанго» (когда одна выше другой), либо «бэквардация» (в противном случае). Но к дате истечения контракта эта разница (цена доставки актива или «базис») нивелируется. Ведь, если спотовая цена ниже, то можно, продав фьючерс, купить по ней базовый актив этого контракта и исполнить его, поставив приобретенный актив. Активная продажа при этом таких фьючерсов многими инвесторами приводит к росту предложения данных контрактов и падению их цены, а одновременная массовая скупка соответствующего актива на спотовом рынке увеличивает там спрос и, стало быть, повышает спотовую цену, которая таким образом уравнивается или почти уравнивается со срочной ценой.

Противоположная ситуация (когда к дате поставки по контракту спотовая цена его базового актива выше срочной) чревато скупкой многими

инвесторами соответствующих фьючерсов и одновременной массовой распродажей базового актива, получаемого по контрактам, а используемого для выполнения обязательств по кассовой сделке на спотовом рынке. В результате срочная цена возрастает, спотовая падает, и они становятся одинаковыми или почти неразличимыми. Все это распространяется и на соотношение спотовой цены базового актива опциона с его страйком, по которому владелец колл-опциона может приобрести, а владелец пут-опциона продать такой актив, реализуя свои права. Учет таких связей при системном моделировании рынка способен обеспечить выстраивание инвестором наиболее эффективных стратегий хеджирования, спекуляции и арбитража [9 и др.].

## 5. Система моделей

Сложность рынка капиталов не дает возможности реализовать рассмотренные принципы, опираясь на его глобальную модель, которая бы, охватывая все и вся, была продуктивной с точки зрения точности получаемых оценок различных решений и достаточно практичной. Для этого требуется система таких взаимосвязанных моделей, чтобы каждая из них отображала последствия деятельности на каком-то уровне этого рынка, в определенном его срезе, а благодаря их информационному взаимодействию возникала картина наиболее вероятных общих результатов поведения инвестора. Целесообразное устройство подобной системы изображено на Рис.2.

Система покоится на трех несущих модулях разного функционального назначения: один - для формализации содержания инвестиционных решений и оценки их последствий; другой - для формализации закономерностей движения рыночной конъюнктуры, на которую ориентируются эти решения, и ее прогнозирования; третий - для формализации системного страхования от рисков. Основа укрупненной структуризации первых и второго - различие экономической природы фондовых активов, которых касаются решения или прогнозы инвестора. Соответственно, главные блоки здесь - комплексы моделей долговых обязательств, долевого ценных бумаг и производных инструментов.

Каждый блок первого модуля имеет объектный, операциональный и стратегический срезы. Они представлены моделями оценки: доходности и рисков вложений в бумаги различных типов, относящиеся к данному классу фондовых инструментов (например, в долговые обязательства типа облигаций или векселей); эффективности отдельных операций с различными активами (скажем, длинной покупкой или короткой про-

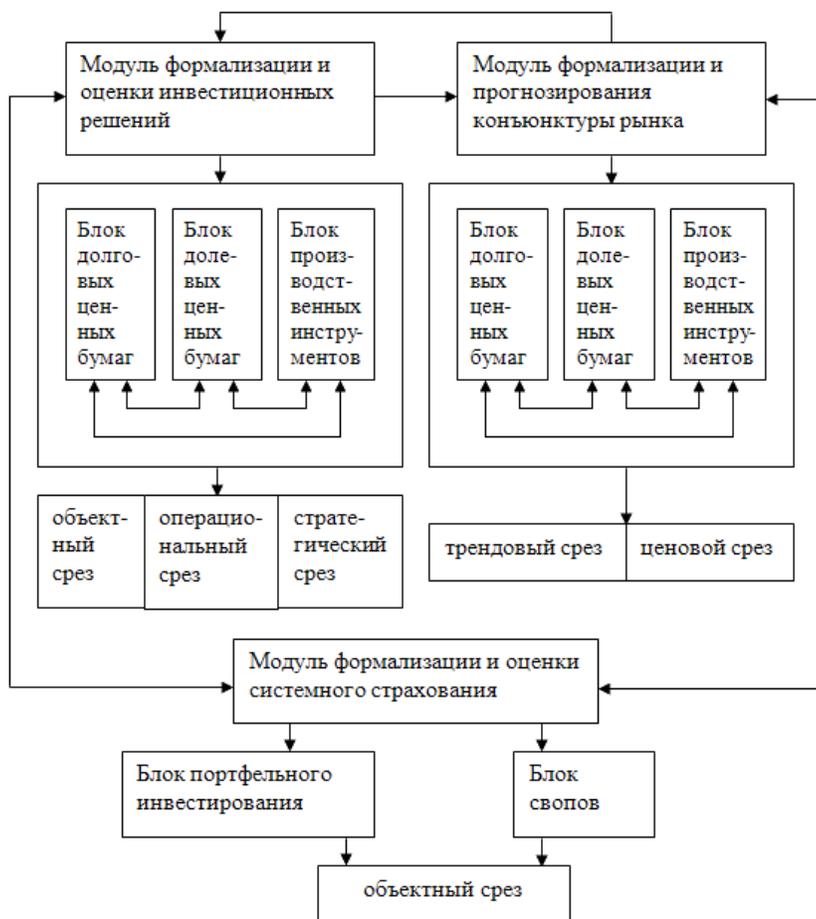


Рис.2. Схема системы моделей рынка капиталов

дажи и т.д.); результатов возможных стратегий применения тех или иных инструментов (хеджирования разных видов, спекуляции в игре на повышение или понижение, разного арбитража). Всякий блок второго модуля имеет трендовый и ценовой срезы: один представлен моделями для определения типа будущей тенденции и моментов ее разворота; другой - моделями прогнозирования конкретных значений цен в различные моменты.

Основа укрупненной структуризации последнего модуля - различие возможных способов системного страхования действий на фондовом рынке: он включает блоки портфельного инвестирования и свопов. При этом вследствие специфики формирования портфеля из ценных бумаг того или иного типа, отсутствия единой модели такого инвестирования, с одной стороны, и особенностей обмена обязательствами по разным ценным бумагам или самими такими активами, с другой; каждый блок имеет объектный срез (например, портфель акций либо облигаций или своп какого-то конкретного вида).

Эти модули, отдельные блоки всякого, их срезы сопряжены каналами прямой и обратной информационной связи для циркуляции тех сведений (о масштабах, отдаче, издержках, рисках разных операций с определенными инструментами, направленных на реализацию конкретных стратегий, либо о ценовой конъюнктуре, обороте рынка, инвестиционных решениях), которые являются результатами расчетов по комплексу моделей в целом или какой-то его составляющей. Эти выходные показатели данного звена непосредственно или после промежуточной обработки выступают входными для других звеньев, дополняя их прочие внешние параметры, которые экзогенны относительно всей системы.

Подобная структура системы неизбежно делает поиск с ее использованием наилучшего поведения на рынке капиталов итеративным процессом, состоящим из ряда последовательно включенных друг в друга внутренних циклов (Рис.3). Если содержание информации в каналах связи между моделями, которые задействованы при этом, может стабилизироваться, то такой цикл или процесс в целом конечен - завершится по достижении неподвижной точки преобразования соответствующих операторов [5 и др.]. В конкретном случае это зависит от того, является ли оно сжимающим, что при большой сложности алгоритма проверить математически обычно невозможно. Но аналитик способен сделать это, либо почерпнув аргументы из множества наблюдений за практикой, либо путем экспериментальной численной реализации такого процесса.

Пользуясь результатами исследований по общей теории систем [6], можно представить сеть связей между упомянутыми моделями, общее число которых  $R$  ограничено, причем каждая  $(M_1, M_2, \dots, M_i, \dots, M_R)$  имеет входной  $x^{(i)}$  и выходной  $y^{(i)}$  векторы, такие, что, если модель  $M_i$  связана с моделью  $M_j$ , то выполняется условие:

$$x^{(i)} = s_{ij} x^{(j)}; \quad i, j = 1, 2, \dots, R; \quad i \neq j, \quad (14)$$

где  $s_{ij}$  - квадратная нуль-единичная матрица связей  $M_i$  с  $M_j$ . В ней по крайней мере один элемент - единица, но каждая строка и любой столбец

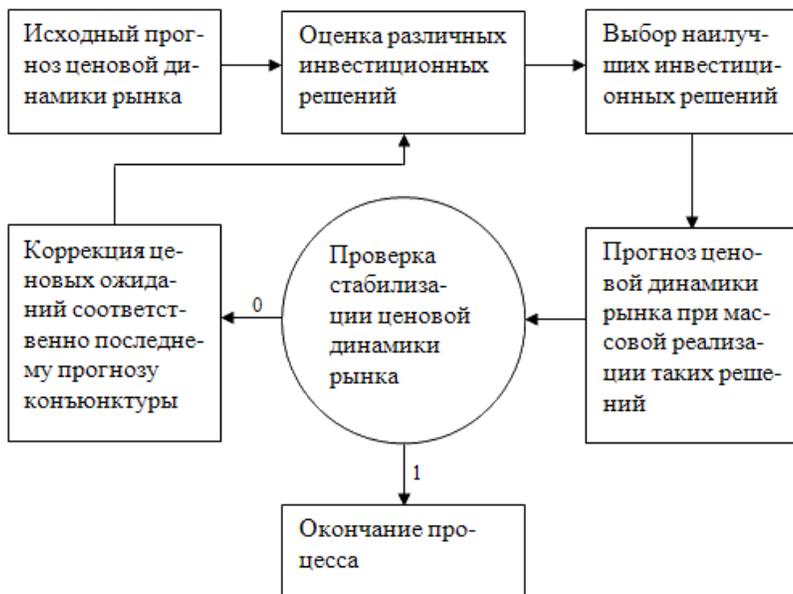


Рис.3. Блок-схема процесса расчетов по системе

содержит не более одного такого элемента. Если же эти модели не связаны, то  $s_{ij}$  - нулевая и  $s_{ij}x_j^{(i)}=0$ , что всегда справедливо при  $i=j$ . В совокупности такие матрицы образуют квадратную матрицу  $S$  размерностью  $R \times R$  с нулевой главной диагональю, содержит хотя бы  $(R-1)$  ненулевых  $s_{ij}$ , причем если ее  $i$ -я строка состоит сплошь из нулевых подматриц, то  $i$ -й столбец включает не менее одной ненулевой, т.е. хотя бы какая-то модель связана с  $M_i$ , когда она не связана ни с какой.

Прямые связи между моделями системы представлены в  $S$  подматрицами, расположенными выше главной диагонали (для таких  $s_{ij}$  всегда  $j > i$ ), а все обратные - подматрицами, находящимися ниже нее (для них  $j < i$ ). Когда строка  $S$  содержит более одной ненулевой подматрицы, налицо разветвление выходов из данной модели, а в случае такой ситуации с каким-то столбцом имеет место ветвление внутри системы входов в соответствующую модель. Поскольку рынок иерархичен, в целом он может быть отображен системой моделей, структура которой аналогично представима суперматрицей:

$$S' = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & S_{13} \\ S_{21} & S_{22} & S_{23} \\ S_{31} & S_{32} & S_{33} \end{bmatrix}, \quad (15)$$

где  $S_{11}$ ,  $S_{22}$ ,  $S_{33}$  - матрицы структур подсистем моделей, соответственно, спотового рынка, срочного рынка и портфельного инвестирования;  $S_{12}$  - матрица связей моделей спотового рынка с моделями срочного рынка;  $S_{13}$  - матрица связей моделей спотового рынка с моделями портфельного инвестирования;  $S_{21}$  - матрица связей моделей срочного рынка с моделями спотового рынка;  $S_{23}$  - матрица связей моделей срочного рынка с моделями портфельного инвестирования;  $S_{31}$  - матрица связей моделей портфельного инвестирования с моделями спотового рынка;  $S_{32}$  - матрица связей моделей портфельного инвестирования с моделями срочного рынка. Очевидно, что в любой из пар  $S_{12}$  и  $S_{21}$ ,  $S_{13}$  и  $S_{31}$ ,  $S_{23}$  и  $S_{32}$  обе матрицы могут быть нулевыми только при независимости разных уровней рынка капиталов друг от друга, а это, как показано выше, не так.

\*       \*

\*

Идентификация рынка капиталов как сложной открытой динамической системы влечет формулировку принципов его системного моделирования, реализация которых позволяет учитывать эффекты взаимодействия различных операций с разными фондовыми инструментами. Общее воплощение этого - система моделей, структура которой описана выше. Выявление и осуществление наиболее экономичных из этих комбинаций дает возможность повысить заинтересованность владельцев сбережений активнее вкладывать их в ценные бумаги, а, следовательно, усилить роль рынка капиталов в финансировании и регулировании хозяйства страны, его развития и модернизации.

## Литература

1. Айвазян С.А., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д.. Прикладная статистика. М.: Финансы и статистика, 1983.
2. Бабинов В.Г.. Прикладные методы прогнозирования ценных бумаг. М.: 1999.
3. Бирштейн Б., Боршевич В.. Теория рефлексивности Дж.Сороса: опыт критического анализа. // Рефлексивные процессы и управление. Т.1. Июль-декабрь 2001, с.88-101.
4. Гитман Л.Дж., Джонк М.Д.. Основы инвестирования. М.: Дело, 1997.

5. Данилов-Данильян В.И., Завельский М.Г. Синтез системы моделей оптимального социально-экономического планирования. // Экономико-математические исследования затрат и результатов. М.: Наука, 1976.
6. Ланге О. Целое и развитие в свете кибернетики. // Исследования по общей теории систем. М.: Прогресс, 1969.
7. Лоскутов А.Ю., Михайлов А.С. Введение в синергетику, М., 1990.
8. Русинов Н. Финансовый рынок. Инструменты и методы прогнозирования. М.: URSS, 2000.
9. Саркисян М. Производные фондовые инструменты. Хеджирование, спекуляция, арбитраж. М.: Прогресс, 1998.
10. Хорн Дж.Ван. Основы управления финансами. М.: Финансы и статистика, 1999.
11. Barret M.L. Expert Systems in Business, 1998.