

## ارزش یابی تحقیق و توسعه در شرکت های نوپا با استفاده از اختیارات واقعی<sup>۱</sup> (مورد کاوی شرکت پلیمری)

رضا تهرانی<sup>۲</sup> / ابوذر سروش<sup>۳</sup>

### چکیده

از جمله ملزومات رشد و توسعه اقتصادی هر کشور توجه به شرکت های دانش بنیان است که قدمتی بیش از دو دهه ندارد. از همین رو است که برای برخی از مسائل پیش روی این شرکت ها، همچنان راه حل معینی ارائه نشده است. از جمله این موارد می توان به تعیین ارزش دانش ایجاد شده در شرکت های دانش بنیان اشاره کرد. این تحقیق سعی دارد تا با توجه به گسترش شرکت های دانش بنیان و لزوم تعیین ارزش دانش ایجاد شده در آنها، روشی را برای ارزش یابی دستاوردهای ایجاد شده در این دسته از شرکت ها ارائه نماید.

با توجه به این موضوع سعی شده است تا با استفاده از روش مورد کاوی، بخش تحقیق و توسعه یک شرکت نوپا با استفاده از تئوری اختیار معامله، ارزش یابی شود. بدین منظور با استفاده از داده های واقعی یک شرکت فعال در صنعت پلیمر و به کمک روش دو جمله ای، بخش تحقیق و توسعه این شرکت، ارزش یابی شده است.

**واژه گان کلیدی:** اختیار معامله، اختیار واقعی، ارزش یابی، شرکت نوپا

**طبقه بندی موضوعی:** G13, G24

1. Real Option Theory

۲. دانشیار دانشکده مدیریت دانشگاه تهران  
۳. دانشجوی دکتری مدیریت مالی دانشگاه تهران

## مقدمه

تخصیص بهینه منابع از جمله ملزومات دستیابی به رشد و توسعه اقتصادی در هر کشور است. در صورتی که منابع مالی به صورت بهینه تخصیص یابند، امکان رشد و توسعه شرکت‌ها و صنایع دارای مزیت رقابتی و سودآور، فراهم می‌گردد. صنایع و شرکت‌های نوپای دانش بنیان از جمله بخش‌های دارای مزیت رقابتی محسوب می‌شوند که تخصیص بهینه منابع در آن‌ها، توسعه همه جانبه کشور را به دنبال دارد.

سرمایه‌گذاری در چنین شرکت‌هایی نیازمند انجام بررسی‌های دقیق و همه جانبه است. اگر چرخه عمر شرکت‌ها به ایجاد ایده (مفهوم) اولیه، ساخت نمونه اولیه، رشد، توسعه و بلوغ تقسیم شود می‌توان چرخه تامین مالی شرکت‌ها را به تامین مالی (سرمایه‌گذاری) توسط کاشفان ایده<sup>۱</sup>، فرشتگان کسب و کار<sup>۲</sup>، شرکت‌ها یا صندوق‌های سرمایه‌گذاری مخاطره آمیز<sup>۳</sup>، بانک‌ها و بورس‌های اوراق بهادار (عموم مردم) تقسیم کرد. باچنین رویکردی شرکت‌ها طی مراحل مشخصی ایجاد می‌شوند، رشد می‌کنند و به بلوغ می‌رسند.

بررسی ورود و خروج سرمایه‌گذاران خصوصاً در مراحل اولیه شرکت‌های نوپا و دانش بنیان، امری پیچیده است و نیازمند تحلیل‌های وسیع می‌باشد. ورود و خروج سرمایه‌گذاران، تابع قیمت‌گذاری صحیح شرکت‌های نوپا است که شناسایی فرصت‌های سرمایه‌گذاری مطلوب را در پی دارد و منجر به توسعه و گسترش شرکت‌های دانش بنیان می‌شود.

گسترش ارائه فناوری‌های نوین در کشورمان که غالباً به صورت شرکت‌های کوچک و نوپا ظهور می‌یابد، اهمیت موضوع قیمت‌گذاری صحیح را بیش از پیش نمایان می‌کند. در صورت نبود چنین سازوکاری، ایده‌پردازان و تولیدکنندگان دانش، تا مدت‌ها با این مشکل مواجه خواهند بود که ارزش دانش تولید شده توسط آن‌ها چه میزان است و چگونه می‌توان سرمایه‌گذاران را برای سرمایه‌گذاری در این طرح‌ها و شرکت‌ها ترغیب نمود.

مهمترین بخش فعالیت شرکت‌های دانش بنیان، در واحد تحقیق و توسعه متمرکز است. از این رو تحقیق حاضر به دنبال پاسخ به این سوال است که چگونه می‌توان از روش‌های جدید جهت تعیین ارزش ایجاد شده در واحدهای تحقیق و توسعه شرکت‌های نوپا استفاده کرد. هدف تحقیق را می‌توان ارائه روشی جهت ارزش‌یابی واحدهای تحقیق و توسعه شرکت‌های نوپا عنوان نمود. بدین منظور از

- 
1. Founders
  2. Bussiness Angels
  3. Venture Capital Funds

روش ارزش‌یابی مبتنی بر اختیارات واقعی استفاده خواهد شد که در آن از داده‌های یک شرکت نوپا در صنعت پلیمر استفاده می‌شود.

### ادبیات پژوهش

ارزش‌یابی فرآیندی است که طی آن میزان بهای جاری یک دارایی تعیین می‌گردد (داموداران، ۱۳۸۷: ۱۸). در حالت کلی چهار روش برای ارزش‌یابی شرکت‌ها وجود دارد که عبارتند از ارزش‌یابی مبتنی بر دارایی‌ها<sup>۱</sup>، ارزش‌یابی مبتنی بر تنزیل جریان‌ات نقدی<sup>۲</sup>، ارزش‌یابی نسبی<sup>۳</sup> و ارزش‌یابی مبتنی بر اختیارات واقعی<sup>۴</sup>. هر یک از این مدل‌ها در شرایط خاص، با توجه به هدف تحلیل‌گران و با در نظر گرفتن مفروضات معینی مورد استفاده قرار می‌گیرند. از میان این روش‌ها، سه روش نخست ایستا هستند. یعنی بیشتر زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرند که محیط اطراف شرکت پویا نباشد. نیز روش تنزیل جریان‌ات نقد آتی که از اهمیت بیشتری برخوردار است تنها یک حالت از آینده را در نظر گرفته و بر اساس آن ارزش شرکت را برآورد می‌نماید.

مدل‌های جریان‌ات نقدی که از یک نرخ ثابت جهت تنزیل تمامی جریان‌ات نقدی خالص استفاده می‌کنند در دهه ۱۹۷۰ به شدت مورد استقبال قرار گرفتند. با وجود سابقه نسبتاً طولانی این روش، به نظر می‌رسد در بسیاری از موارد به دلیل محدودیت‌های خود، روش مناسبی نباشد (Davis, et al., 2006). این مدل‌ها یک تصمیم را به صورت دفعی و ایستا بررسی می‌کنند و فرض می‌کنند که تصمیم‌ها هنگامی که اتخاذ می‌شوند، غیرقابل تغییرند و مدیران توانایی اصلاح و یا تغییر شرایط آتی را ندارند. طرح‌های سرمایه‌گذاری ایستا بینش و تصور مدیران را محدود می‌نمایند و در نتیجه مدل تنزیل جریان‌ات نقد، واکنش سریع، متناسب و دقیق مدیر را بر اساس شرایط حاکم در نظر نمی‌گیرند. در حالی که مدیران یک سری اختیارات دارند که زیان‌ها را محدود می‌کند و شرایط لازم برای استفاده از پتانسیل‌های آتی فراهم می‌نماید.

این در حالی است که در بسیاری از موارد محیط پویا بوده و نااطمینانی زیادی بر فعالیت‌های شرکت حاکم است. برای ارزش‌یابی شرکت‌های نوپا، شرکت‌های با فناوری پیشرفته، شرکت‌های با رشد بالا مانند شرکت‌های دارویی، اینترنتی، پلیمری و... به دلیل ماهیت خاص فعالیت آن‌ها، استفاده از مدل‌های ایستا کارایی ندارد.

- 
1. Asset Base Valuation
  2. Discounted Cash Flow Valuation
  3. Relative Valuation
  4. Real option Valuation

در حقیقت روش‌های ایستا تاثیر تصمیمات مدیران را بر ارزش شرکت تنها به صورت ایستا و ثابت در نظر می‌گیرند، یعنی تنها در آینده یک سناریو رخ خواهد داد و مدیر نیز ملزم به اجرای همین سناریو می‌باشد. این در حالی است که در برخی موارد به دلایلی چون تغییر شرایط حاکم بر شرکت، صنعت، کشور، قیمت و نوع مواد اولیه، قیمت و نوع محصولات، فناوری‌ها و دانش جدید ایجاد شده، ممکن است مدیر تصمیمات دیگری اتخاذ کند. این موارد که موسوم به اختیارات واقعی مدیر هستند در عمل بر ارزش شرکت تاثیر گذارند.

در حقیقت تحلیل اختیارات واقعی معمولاً به عنوان یک روش ارزش‌یابی برای سرمایه‌گذاری در پروژه‌های پر ریسک استفاده می‌شود (Hartmann, et al., 2006). مزیت خاص استفاده از اختیارات واقعی این است که مدیر به وسیله آن می‌تواند توالی انتخاب‌های بعدی خود را در صورت اتخاذ یک تصمیم خاص، مورد بررسی قرار دهد. وی ممکن است با اتخاذ یک تصمیم در زمان فعلی، یا خود را متعهد به زنجیره‌ای از تصمیمات آتی نماید و یا اختیار سلسله‌ای از تصمیم‌گیری‌های آتی را برای خود فراهم کند. موضوعی که تنها با استفاده از تحلیل اختیارات واقعی، می‌توان آن را ارزیابی نمود.

از آنجا که در واقع مدیران شرکت همواره بر فعالیت‌ها و عملیات شرکت اختیار دارند و از اختیارات خود جهت سودآوری شرکت استفاده می‌نمایند، بنابراین در یک بازار کارا، ارزش اختیارات قاعدتاً باید در قیمت سهام شرکت منعکس گردد.

اگر رویکرد اختیار واقعی نگاه درستی به مسئله ارزشیابی شرکت داشته باشد، در این صورت روابط بین متغیرهای اساسی حسابداری با قیمت سهم غیرخطی خواهد بود (دستگیر و تالانه، ۴). در این رویکرد جهت محاسبه ارزش شرکت، به ارزش اختیارات واقعی که مدیر در آینده دارد نیز توجه خاصی می‌شود. بنابراین در این دیدگاه ارزش شرکت کاملاً نشأت گرفته از ارزش اعمال اختیارات واقعی مدیران شرکت می‌باشد (Payatski, 1999). روش ارزش‌یابی اختیارات واقعی که در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته، با در نظر گرفتن عدم اطمینان جریان نقد آتی شرکت، مشکلات پیش روی مدل‌های ایستا را تا حد زیادی مرتفع کرده است (Samis, 2006).

مدل ارزشیابی مبتنی بر اختیارات واقعی، ریشه در مفهوم اوراق اختیار معامله دارد. اختیارهای معامله<sup>۱</sup> یکی از ابزارهای نوین مالی هستند که در دهه‌های اخیر در بازارهای مالی استفاده از آن‌ها به شدت گسترش یافته است. اختیار معامله یک ورقه بهادار است که به دارنده آن اختیار انجام معامله‌ای

---

1. Options

را در آینده با شرایط از پیش تعیین شده می‌دهد (درخشان، ۱۳۸۳). این اوراق خود به دو دسته اوراق اختیار خرید و فروش تقسیم می‌شوند.

اختیار خرید<sup>۱</sup> بدین معنا است که دارنده آن اختیار دارد در یا تا تاریخ مشخصی، در آینده، دارایی پایه مشخصی را با قیمت معین، از طرف مقابل بخرد. اختیار فروش<sup>۲</sup> بدین معنا است که دارنده آن اختیار دارد در یا تا تاریخ مشخصی، در آینده، دارایی پایه مشخصی را با قیمت معین، به طرف مقابل بفروشد. هر ورقه اختیار معامله ممکن است اروپایی یا آمریکایی باشد. منظور از اختیار معامله اروپایی اختیار معامله‌ای است که تنها در تاریخ سررسید قابل اعمال است. در صورتی که بتوان اختیار را در هر زمانی قبل از تاریخ سررسید اعمال کرد، به آن اختیار معامله آمریکایی گفته می‌شود.

تعیین ارزش این ابزار مالی سال‌ها مورد توجه محققین مختلف قرار داشت تا اینکه مدل بلک شولز برای حل این مسئله ارائه شد. از آن زمان استفاده از این ابزار گسترش یافته است. از آنجا که رویکرد ارزش‌یابی اختیارات واقعی مبتنی بر مفاهیم اختیار معامله است لذا در هر دوی این موارد از ادبیات تقریباً یکسانی استفاده می‌شود. با این وجود برای اختیارات واقعی مسائل غامضی وجود دارد که در اختیارات مالی وجود ندارد. مالکیت، وجود تعامل بین اختیارات<sup>۳</sup> و اقدامات رقبا<sup>۴</sup> از آن جمله می‌باشند. باید اذعان داشت که با وجود اشکالات متعدد در مدل‌های استاتیک ارزش‌یابی، هنوز روش‌های استاتیک عمومیت بیشتری دارند و روش ارزش‌یابی مبتنی بر اختیار واقعی علی‌رغم وجود توجه زیاد محققین به آن، هنوز چندان در عمل مورد استفاده واقع نمی‌شود. مهمترین علت عدم استفاده گسترده از این روش را می‌توان واریانس دارایی پایه دانست که به صورت دقیق وجود ندارد و باید به تخمینی از آن اکتفا نمود (Rams, 1999).

اختیار واقعی دارای انواع مختلفی است که از جمله آن می‌توان به اختیار توسعه، اختیار رها کردن و اختیار انتقال اشاره کرد (Paxson, 2003). اختیار برای توسعه<sup>۵</sup> (افزایش جریانات نقدی با افزایش سرمایه‌گذاری) هنگامی وجود دارد که امکان افزایش جریانات نقدی شرکت در آینده، در اثر افزایش سرمایه‌گذاری‌ها وجود داشته باشد. در این مورد احتمال افزایش  $X$  درصدی ارزش پروژه (افزایش فروش، قیمت‌ها، ظرفیت‌ها و یا مشتریان) در اثر سرمایه‌گذاری اضافی به مبلغ  $k$  تا زمان  $T$  وجود دارد. در واقع یک اختیار خرید نهفته وجود دارد که یک امکان استراتژیک را با قیمت توافقی  $k$  عرضه

1. Call Option

2. Put Option

3. Interaction

4. Competitors actions

5. Expand Option

می‌نماید. اختیار برای رهاکردن<sup>۱</sup> (کاهش جریان نقدی با کاهش سرمایه‌گذاری) مبتنی بر این مفهوم است که برخی مواقع ارزش ترک کردن یا ارزش اسقاط یک سرمایه‌گذاری یا یک پروژه ممکن است از ارزش جاری خود پروژه بیشتر باشد. در صورتی که بازار ثانویه‌ای برای پروژه یا دارایی وجود داشته باشد می‌توان این اختیار فروش واقعی را بررسی نمود. این نوع اختیار ممکن است بعد از تصاحب شرکت<sup>۲</sup> (قبضه مالکیت) ایجاد گردد، یعنی هنگامی که واحد فرعی تصاحب شده باید فروخته شود. همچنین این اختیار واقعی برای کسانی که به دنبال شرکت‌های ورشکسته و زیانده برای خرید و سپس انحلال و فروش دارایی‌های آن می‌باشند نیز مهم است.

اختیار برای انتقال (تغییر)<sup>۳</sup> هنگامی ایجاد می‌شود که یک دارایی دارای چند کاربرد باشد، یا طیفی از داده‌ها برای فرایند معینی قابل استفاده باشند و یا هزینه و زمان انتقال بین گزینه‌های مختلف زیاد نباشد. مثلاً یک نیروگاه برق که مصرف خود را بین گاز و نفت تغییر می‌دهد، بسته به اینکه کدام یک ارزان‌تر است. این اختیار زمانی که بتوان از مواد اولیه مختلفی جهت تولید محصولات استفاده نمود نیز کاربرد دارد.

در عمل هر چه اختیارات واقعی بیشتری در پروژه نهفته باشد (که اعمال یا ارزش آن‌ها مشروط به اختیارات قبلی باشد) ارزشگذاری پیچیده‌تر می‌گردد. ارزش اختیارات ترکیبی به دلیل اثر تعاملی و اثر مرکب شدن بسیار متفاوت از مجموع خطی ارزش اختیارات مجزای موجود در آن می‌باشد.

علاوه بر انواع پیش گفته، اختیارات واقعی همانند اختیار مالی دارای نوع اروپایی و آمریکایی و نیز خرید و فروش می‌باشد. اگر مدیر بتواند تصمیمات خود را در هر زمان اعمال کند اختیار وی از نوع آمریکایی و در غیر این صورت آن را اروپایی می‌دانند. همچنین بسته به نوع اختیار واقعی مدیر می‌توان آن را در گروه اختیار خرید یا فروش قرار داد. به عنوان نمونه اختیار توسعه از نوع اختیار خرید و اختیار برای رها کردن از نوع اختیار فروش می‌باشند. در جدول زیر به صورت مختصر برخی از مهمترین تفاوت‌های اختیار مالی و اختیار واقعی ارائه شده است.

---

1. Option to Abandon

2. Take Over

3. Option to Switch

| متغیر                     | اختیار معامله                    | اختیار واقعی             |
|---------------------------|----------------------------------|--------------------------|
| دارایی پایه               | سهام، کالا یا....                | جریان‌ات نقد آتی         |
| اعمال اختیار <sup>۱</sup> | تصمیم به اعمال اختیار معامله     | اقدام به اجرای تصمیم     |
| قیمت توافقی <sup>۲</sup>  | قیمت توافق شده برای انجام معامله | هزینه اعمال تصمیم        |
| واریانس (انحراف معیار)    | واریانس ارزش بازاری دارایی پایه  | واریانس جریان‌ات نقد آتی |

### پیشینه تحقیق

مایرز (Myers, 1977) نخستین کسی بود که بین اختیار مالی و سرمایه‌گذاری‌های واقعی مقایسه به عمل آورد. وی برای سرمایه‌گذاری‌های واقعی برای نخستین بار از اصطلاح "اختیارات واقعی" استفاده نمود (Merton, 1977). از دیدگاه وی می‌توان این اختیارات را همانند اختیارات مالی ارزش‌یابی کرد، موضوعی که سبب شد تا بلک، شولز و مرتن در سال ۱۹۹۷ به دلیل ارائه مدل قیمت‌گذاری اختیار معامله در سال ۱۹۷۲، جایزه نوبل را از آن خود نمایند.

از آن زمان تاکنون تحقیقات مختلفی در مورد کاربرد این روش‌ها انجام شده است. از جمله مهمترین آن‌ها می‌توان به تحقیق گیز در سال ۱۹۹۶ اشاره کرد. وی اطلاعات و تحقیقات پراکنده قبلی اختیارهای واقعی را جمع‌آوری کرد. به‌طور کلی وی تکنیک‌های ارزش‌یابی و بودجه‌ریزی سرمایه‌ای را بازبینی کرده و روشی را بر اساس ارزش‌یابی اختیارها به منظور اندازه‌گیری انعطاف‌پذیری آن‌ها بنا نهاد. این روش بیشتر مبتنی بر مباحث ریاضی است که عملاً مورد استفاده پیدا نکرد.

طی چند سال گذشته نیز، رشد زیادی در مورد استفاده از مدل‌های اختیار واقعی در بخش‌های تحقیق و توسعه به ویژه در بخش بیوتکنولوژی، تجارت الکترونیک، ارتباطات و منابع طبیعی مورد استفاده قرار گرفته است (Paxson, 2003). ودز (Weeds, 2002) در مقاله خود سرمایه‌گذاری‌های صورت گرفته در زمینه تحقیق و توسعه در شرایط عدم اطمینان مورد بررسی قرار داده است. وی در تحقیق خود از اختیار واقعی تاخیر برای تعیین ارزش بخش تحقیق و توسعه شرکت‌های نوپا استفاده نموده است. به علاوه وی تاثیر رقبا بر جریان نقدی حاصل از بخش تحقیق و توسعه را نیز مورد بررسی قرار داده است. هارتمن و همکاران (Hartmann, et al., 2006) در مقاله خود اقدام به تحلیل تجربی ارزش بخش تحقیق و توسعه یک شرکت دارویی نمودند. ون و چانگ (Wen, et al., 2010)، در تحقیق خود ضمن بررسی کاربرد استفاده از اختیار واقعی برای ارزش‌یابی بخش تحقیق و توسعه، با استفاده از یک مدل پویای چند مرحله‌ای اقدام به بررسی تجربی ارزش‌یابی یک شرکت دانش بنیان

1. Excercise

2. Strike price

نمودند. در تمامی مطالعات مرتبط با حوزه تحقیق و توسعه، ارزش دارایی پایه همان ارزش تحقیق و توسعه در نظر گرفته شده که بر اساس جریانهای نقدی حاصل از فعالیت‌های تحقیق و توسعه محاسبه شده است (Macahery, et al., 2003). در مورد تحقیقات داخلی نیز با توجه به محدود بودن آنها می‌توان به مطالعه ثقفی و تالانه (۱۳۸۵) اشاره کرد که در مقاله‌ای، به بررسی ارزشیابی مبتنی بر اختیار پرداخته و نشان داده‌اند متغیر ارزش دفتری سهم می‌تواند نقش اختیار واگذاری را داشته باشد (ثقفی و تالانه، ۱۳۸۵).

### روش تحقیق

این تحقیق از نظر هدف کاربردی و از نظر روش در گروه روش‌های عددی<sup>۱</sup> قرار می‌گیرد. همچنین به دلیل استفاده از داده‌های یک شرکت خاص جزء مطالعات مورد کاوی نیز محسوب می‌شود. در روش‌های عددی، دو روش مرسوم برای محاسبه ارزش اختیار واقعی وجود دارد. روش نخست مبتنی بر مدل معروف بلک-شولز است که برای محاسبه ارزش اختیار فرمول‌های خاصی را ارائه می‌نمایند. این مدل توسط گسک (۱۹۷۹) برای اختیارات زنجیره‌ای<sup>۲</sup> توسعه یافت. دومین روش که معروف به شبکه دوجمله‌ای است، توسط کاکس و دیگران (Cox, et al., 1979) ارائه شده است. در این روش جریان نقد آتی به صورت مراحل خاصی بر اساس نوسانات، به جریانهای نقد افزایشی و کاهش‌ی تقسیم می‌شود. مدل‌های دوجمله‌ای انعطاف‌پذیری بیشتری دارند و شهودی‌تر از مدل‌های دیگر می‌باشند. تکنیک‌های ارزشگذاری‌ها اختیارات واقعی عمدتاً عددی هستند زیرا اغلب غیر ممکن است که تعاملات ذاتی بین اختیارات را به صورت یک راه حل بسته ارائه نمود. معمولاً مدیران تکنیک‌های شبکه‌ای را بر سایر تکنیک‌های عددی ترجیح می‌دهند زیرا می‌توانند تکامل جریانهای نقدی مبنا را ببینند و ارزش‌های اختیار را در وضعیت‌های مختلف مشخص کنند. این خود به مدیر برای روبرو شدن بهتر با شرایط و حوادث آینده الهام می‌دهد. بنابراین مدل دو جمله‌ای دیدگاه مناسبی به مدیران و ارزش‌یابان (تحلیل‌گران) ارائه می‌کند. در هر مرحله درخت دو جمله‌ای که متشکل از یک بازه گسسته زمانی می‌باشد، یک نقطه وجود دارد که نشان‌دهنده وضعیت خاصی از قیمت دارایی پایه است. به‌طوری‌که یک شاخه نمایانگر کاهش قیمت و دیگری نشان‌دهنده افزایش قیمت است.

1. Numerical method

2. Sequential options

در مدل دوجمله‌ای، تکامل ارزش شرکت در طول زمان مبنای تعیین ارزش می‌باشد و ارزش اختیار بر مبنای حرکت رو به عقب<sup>۱</sup> در هر گره که از سررسید شروع می‌شود، مشخص می‌گردد. درخت دو جمله‌ای نموداری است که مسیرهای ممکن را برای تغییرات قیمت دارایی پایه تا پایان عمر اختیار نشان می‌دهد. اگر فرض شود قیمت هر سهم  $S$  و قیمت جاری اختیار معامله آن  $f$  است. مدت زمان باقی مانده تا انقضای این اختیار،  $T$  دوره زمانی است. همواره این امکان وجود دارد که در خلال این مدت، قیمت هر سهم از  $S$  به  $S.u$  افزایش و یا به  $S.d$  کاهش یابد. چون  $1 < u$  و  $d < 1$  است، بنابراین افزایش نسبی قیمت هر سهم در حالت افزایش قیمت برابر با  $u-1$  خواهد بود. به همین ترتیب، کاهش نسبی قیمت هر سهم در حالت کاهش قیمت برابر است با  $d-1$ . هر گاه قیمت هر سهم به  $S.u$  افزایش و یا به  $S.d$  کاهش یابد، بازده اختیار به ترتیب  $f_u$  و  $f_d$  نشان داده می‌شود. از نظر ریاضی اثبات می‌شود که<sup>۲</sup>

$$f = e^{-rT} [pf_u + (1-p)f_d] \quad (۱)$$

که در آن  $P$  احتمال افزایش قیمت و  $r$  نرخ بهره بدون ریسک می‌باشد. آنچه تاکنون بیان شد مربوط به قیمت‌گذاری درخت یک جمله‌ای است. حال آنکه این مورد در عمل چندان مفید نمی‌باشد. از این رو تعمیم این مدل مفید خواهد بود. در صورتی که این مدل برای درخت دوجمله‌ای تعمیم یابد معادله آن به صورت زیر خواهد بود:

$$f = e^{-2r\Delta t} [p^2 f_{uu} + 2p(1-p)f_{ud} + (1-p)^2 f_{dd}] \quad (۲)$$

در معادله فوق متغیرهای  $p^2$ ،  $2p(1-p)$  و  $(1-p)^2$  احتمالاتی را نشان می‌دهند که قیمت اختیار می‌تواند به ترتیب مقادیر  $f_{uu}$ ،  $f_{ud}$  و  $f_{dd}$  یعنی مقادیر بالا، میانی و پایین را داشته باشد. یکی از مهمترین مسائلی که در محاسبه قیمت اختیار در مدل‌های دو جمله‌ای وجود دارد تعیین مقادیر  $d$  و  $u$  یعنی نسبت‌هایی است که قیمت هر سهم را افزایش یا کاهش می‌دهد. برای این منظور از تغییر پذیری قیمت هر سهم استفاده می‌شود. فرض شود قیمت هر سهم در هر مرحله  $\Delta t$ ، از سطح اولیه یعنی  $S$  به یکی از دو حالت  $S.u$  و  $S.d$  تغییر می‌کند. تغییر قیمت از  $S$  به  $S.u$  را اصطلاحاً حرکت رو به بالا و تغییر قیمت از  $S$  به  $S.d$  را اصطلاحاً حرکت رو به پایین می‌گویند. احتمال آنکه قیمت

1. Backwardation

۲. رجوع کنید به درخشان، ۱۳۸۴: ۴۱۴ و ۴۱۵.

سهمی، حرکتی رو به بالا داشته باشد  $p$  و احتمال حرکت رو به پایین  $1-p$  است (درخشان، ۱۳۸۳: ۴۲۸).

چون فرض شده است در فضای بی تفاوت نسبت به ریسک قرار داریم<sup>۱</sup>، بازده مورد انتظار از هر سهم با نرخ بهره بدون ریسک ( $r$ ) برابر است، پس قیمت مورد انتظار برای هر سهم در پایان هر مرحله  $\delta t$ ، برابر است با  $Se^{r\delta t}$ ، که  $S$  قیمت هر سهم در شروع آن مرحله است. بنابراین:

$$pS_u + (1-p)S_d = Se^{r\delta t} \quad (۳)$$

و یا

$$p_u + (1-p)d = e^{r\delta t} \quad (۴)$$

از طرف دیگر، انحراف معیار برای درصد تغییرات قیمت هر سهم در فاصله زمانی بسیار کوتاه  $\delta t$  برابر است با  $\sigma\sqrt{\delta t}$ . بنابراین واریانس درصد تغییرات قیمت هر سهم در فاصله زمانی  $\delta t$  برابر با  $\sigma^2\delta t$  خواهد بود. از آنجایی که واریانس متغیری مانند  $Q$  به صورت  $E(Q^2) - E(Q)^2$  تعریف شده است که در آن  $E$  نشانگر ارزش مورد انتظار است، بنابراین می توان گفت که

$$\sigma^2\delta t = pu^2 + (1-p)d^2 - [pu + (1-p)d]^2 \quad (۵)$$

کاکس و همکاران (Cox, et al., 1979) اثبات کردند که می توان از معادلات زیر به عنوان جایگزین استفاده کرد:

$$\begin{aligned} u &= \frac{1}{d} & u &= e^{\sigma\sqrt{\delta t}} \\ d &= e^{-\sigma\sqrt{\delta t}} & p &= \frac{a-d}{u-d} \\ & & a &= e^{r\delta t} \end{aligned}$$

۱. اصل بی تفاوتی به ریسک در قیمت گذاری دلالت بر این دارد که اختیارات را همچون سایر مشتقات می توان بر اساس بی تفاوتی به ریسک، قیمت گذاری کرد. بنابراین می توان فروض زیر را در قیمت گذاری اختیارات بکار برد:  
\* بازده مورد انتظار از اوراق بهادار یا دارایی پایه معامله شده برابر با نرخ بهره بدون ریسک است.  
\*\* جریان درآمدهای آینده را می توان با تنزیل کردن قیمت مورد انتظار اوراق بهادار بر مبنای نرخ بهره بدون ریسک ارزش گذاری کرد.

به عبارات فوق قضیه کاکس گفته می‌شود. در  $t=0$ ، قیمت هر سهم  $S_0$ ، معلوم است. قیمت این سهم در زمان  $\delta t$  یکی از دو حالت  $S_0 u$  یا  $S_0 d$  خواهد شد. قیمت این سهم در زمان  $2\delta t$  یکی از سه حالت زیر خواهد بود:  $S_0 u^2$ ،  $S_0$  و  $S_0 d^2$ . به همین ترتیب می‌توان به این نتیجه رسید که در زمان  $i\delta t$ ، قیمت هر سهم می‌تواند یکی از  $i+1$  مقدار زیر را داشته باشد،

$$S_0 u^j d^{i-j}, i = 0, 1, 2, \dots, i$$

در عبارت فوق باید به دو نکته توجه داشت، اول آنکه هر جا مقتضی باشد باید از معادله  $u = \frac{1}{d}$

استفاده کرد، یعنی به جای  $u$  یا  $d$  به ترتیب  $\frac{1}{u}$  یا  $\frac{1}{d}$  را قرارداد، مثلاً  $S_0 u^2 d$ ،  $S_0 u d^2$  را به ترتیب  $S_0 u$  و  $S_0 d$  نوشت. دوم آنکه تغییری رو به بالا در قیمت سهم که به دنبال تغییری رو به پایین باشد به همان نتیجه‌ای منجر خواهد شد که تغییری رو به پایین در پی تغییری رو به بالا اتفاق افتد. در اختیار واقعی نیز از همین مبنا استفاده می‌شود، لیکن به جای اینکه دارایی پایه سهام باشد، دارایی پایه را جریان نقد آتی قرار می‌دهند (Paxson, 2003).

برای تعیین قیمت اختیار واقعی باید از نقاط نهایی، یعنی در زمان  $T$ ، آغاز کنیم و به عقب برگردیم زیرا قیمت اختیار را در زمان  $T$  می‌دانیم. به این موضوع حرکت عقب گرد گفته می‌شود (داموداران، ۱۳۸۷: ۶۲۵). به عنوان مثال قیمت اختیار فروش برابر است با  $\max[K - S_T, 0]$  و قیمت اختیار خرید برابر است با  $\max[S_T - K, 0]$  بوده که در آن  $S_T$  قیمت هر سهم در  $T$ ، و  $K$  قیمت توافقی است. اگر از  $T$  به عقب برگردیم و مرحله  $T - \delta t$  را در نظر بگیریم، قیمت اختیار در هر یک از نقاط تقاطع در این مرحله برابر است با قیمت مورد انتظار در زمان  $T$  که بر مبنای نرخ بهره بدون ریسک  $r$  در خلال مدت زمان  $\delta t$  تنزیل شده باشد. زیرا فرض شده است در فضای بی‌تفاوتی به ریسک وجود داریم.

به همین صورت می‌توان گفت که در مرحله  $T - 2\delta t$  که در واقع شامل ۳ نقطه تقاطع است، قیمت اختیار در هر یک از نقاط برابر است با قیمت مورد انتظار در زمان  $T - \delta t$  بر مبنای نرخ بهره بدون ریسک در خلال مدت زمان  $\delta t$  تنزیل شده باشد. این عملیات را می‌توان به همین ترتیب ادامه داد. در صورتی که اختیار معامله از نوع آمریکایی باشد ضروری است در هر گره بررسی شود که آیا اعمال زودتر از موعد اختیار معامله با نگهداری آن در مدت زمان بیشتر ارجحیت دارد یا خیر؟ (داموداران، ۱۳۸۷: ۶۲۶). به این ترتیب با حرکت به سمت عقب و طی همه گره‌ها قادر خواهیم بود تا

قیمت اختیار معامله را در زمان صفر به دست آوریم. این مدل را می‌توان به صورت زیر در زمان گسسته تعمیم داد که مبنای محاسبات این تحقیق نیز قرار دارد.

$$C = \sum_{j=0}^n \left[ \frac{n!}{(n-j)!j!} P^j (1-p)^{n-j} \text{Max}[0, u^j d^{n-j} s - k] \right] / (1+r)^n$$

$$P = \sum_{j=0}^n \left[ \frac{n!}{(n-j)!j!} P^j (1-p)^{n-j} \text{Max}[0, k - u^j d^{n-j} s] \right] / (1+r)^n$$

### جامعه و نمونه آماری

جامعه آماری مورد نظر محققین، شرکت‌های دانش بنیان نوپا بوده است. به دلیل وجود محدودیت‌هایی در زمینه اطلاعات مالی و نیز اطلاعات حوزه تحقیق و توسعه چنین شرکت‌هایی، در این تحقیق از روش نمونه بردسترس و مبتنی بر مطالعات مورد کاوی استفاده شده است.

### دوره زمانی تحقیق

با توجه به اینکه تحقیق حاضر به دنبال پیش‌بینی اطلاعات مالی یک شرکت خاص است لذا بر اساس داده‌ها سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۸۹ اطلاعات مالی و فنی تحقیق جمع‌آوری شده و دوره زمانی پیش‌بینی، با توجه به اطلاعات مربوط به بخش تحقیق و توسعه این شرکت، بین سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۶ در نظر گرفته شده است.

### متغیرهای تحقیق

در این تحقیق برای ارزش‌یابی واحد تحقیق توسعه شرکت‌های نوپا، از اطلاعات یک شرکت پلیمری نوپا استفاده شد. واحد تحقیق و توسعه این شرکت، دارای یک مدیر و شش نفر نیروی تمام وقت دارای مدرک دکتری و کارشناسی ارشد پلیمر می‌باشد. این واحد در حوزه پلیمر موفق به ارائه دستاوردهای نوینی شده و به همین جهت آزمایشگاه مجهزی در اختیار آن قرار گرفته است. پس از سپری شدن ۱۲ ماه از فعالیت گروه، دانش فنی خاصی در حوزه پلیمر در شرکت ایجاد شده که سودآوری نسبتاً زیادی برای شرکت در پی خواهد داشت.

با توجه به حوزه فعالیت شرکت و نیز ارزش‌یابی مبتنی بر اختیارات واقعی، داده‌های تحقیق با توجه به طیف وسیعی از مطالعات استخراج گردید.

در نهایت خروجی مطالعات در قالب پیش‌بینی صورت‌های مالی و نیز پیش‌بینی جریان نقد آزاد ناشی از فعالیت‌های تحقیق و توسعه بود که در روش ارزش‌یابی مبتنی بر اختیارات واقعی به عنوان دارایی پایه محسوب می‌شود (S). قیمت توافقی (K) نیز در هر مرحله به عنوان هزینه‌های

سرمایه‌گذاری در مخارج تحقیق و توسعه در نظر گرفته شد. اختیار واقعی نیز از نوع اختیار توسعه و از نوع اروپایی می‌باشد.

پس از تعیین نرخ اوراق مشارکت (۱۵,۵ درصد) به عنوان نرخ بازده بدون ریسک، برای انجام محاسبات مربوط به  $a, d, u$  و  $p$  می‌بایست  $\sigma$  محاسبه شود. این داده در اختیارات مالی از طریق بررسی تاریخی واریانس دارایی پایه در بازارهای مالی یا بازارهای دارایی‌های حقیقی (فیزیکی) محاسبه می‌شود. در صورتی که در اختیارات واقعی تعیین واریانس امری مشکل است. منظور از واریانس در اختیارات واقعی، واریانس جریان‌ات نقدی شرکت در طول زمان است. در صورتی که شرکت دارای اطلاعات تاریخی باشد می‌توان از تغییرات جریان‌ات وجوه نقد استفاده نمود. منبع دوم عملکرد رقبا و اعضای یک صنعت است که در صورت دسترسی به اطلاعات آن‌ها می‌توان میزان انحراف معیار جریان‌ات نقدی را پیش‌بینی کرد. اما از آنجا که شرکت‌های نوپا معمولاً عمر کمتر از دو سال دارند و اطلاعات تاریخی آن‌ها بسیار محدود است و نیز با توجه به اینکه بسیاری از این دسته شرکت‌ها در نوع خود اولین به شمار می‌آیند و در مواردی هیچ نوع رقیب یا گروه فعالی برای مقایسه آن‌ها وجود ندارد از این رو در مورد چنین شرکت‌هایی محاسبه این متغیر با چالش مواجه است (داموداران، ۱۳۸۷: ۷۶۱).

در کشورهای پیشرفته، برای حل این موضوع از پایگاه داده‌های شرکت‌های کوچک و مشابه (دارای حداقل تشابه) برای رفع این نقیصه استفاده می‌کنند لیکن در ایران چنین امکانی وجود ندارد. بدین جهت بررسی‌های وسیعی برای تخمین جریان‌ات نقد آتی شرکت به عنوان نماینده انحراف معیار جریان‌ات نقد آتی ناشی از تحقیق و توسعه صورت پذیرفت. بر این اساس با توجه به اطلاعات به دست آمده، و نیز پیش‌بینی‌های صورت گرفته، میزان انحراف معیار ( $\sigma$ ) برابر با ۰,۳۳ در نظر گرفته شد. این عدد به میزان انحراف معیار شرکت‌های نوپای خارجی فعال در صنعت پلیمر (۰,۳۶) نزدیک می‌باشد.

## تجزیه و تحلیل داده‌ها

باتوجه به متغیرهای تحقیق، عامل صعود  $U$  برابر با ۱,۳۹ و عامل نزول  $d$  برابر با ۰,۷۱ در نظر گرفته شد. با داشتن جریان نقد آزاد اولیه  $S_0$  (۸۹۷۴ میلیون ریال)، احتمال صعود (برابر با ۰,۳) و احتمال نزول (برابر با ۰,۷)، درخت جریان‌های احتمالی شرکت در سال‌های ۹۰ تا ۹۶ به شرح زیر می‌باشد:

جدول (۱): درخت جریان‌های احتمالی شرکت طی سال‌های ۹۰ تا ۹۶

| ۹۰  | ۹۱   | ۹۲     | ۹۳     | ۹۴     | ۹۵     | ۹۶     |
|-----|------|--------|--------|--------|--------|--------|
|     |      |        |        |        |        | $Su^6$ |
|     |      |        |        |        | $Su^5$ |        |
|     |      |        |        | $Su^4$ |        | $Su^4$ |
|     |      |        | $Su^3$ |        | $Su^3$ |        |
|     |      | $Su^2$ |        | $Su^2$ |        | $Su^2$ |
|     | $Su$ |        | $Su$   |        | $Su$   |        |
| $S$ |      | $S$    |        | $S$    |        | $S$    |
|     | $Sd$ |        | $Sd$   |        | $Sd$   |        |
|     |      | $Sd^2$ |        | $Sd^2$ |        | $Sd^2$ |
|     |      |        | $Sd^3$ |        | $Sd^3$ |        |
|     |      |        |        | $Sd^4$ |        | $Sd^4$ |
|     |      |        |        |        | $Sd^5$ |        |
|     |      |        |        |        |        | $Sd^6$ |

که محاسبات آن منجر به درخت زیر می‌شود:

جدول (۲): جریان‌های احتمالی شرکت طی سال‌های ۹۰ تا ۹۶

| ۹۰       | ۹۱       | ۹۲       | ۹۳       | ۹۴       | ۹۵       | ۹۶       |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|          |          |          |          |          |          | ۶۶۲۰۴۶۳  |
|          |          |          |          |          | ۴۷۴۵۰۰۱۱ |          |
|          |          |          |          | ۳۴۰۰۸۰۳۹ |          | ۳۴۰۰۸۰۳۹ |
|          |          |          | ۲۴۳۷۴۰۴۵ |          | ۲۴۳۷۴۰۴۵ |          |
|          |          | ۱۷۴۶۹۰۶۳ |          | ۱۷۴۶۹۰۶۳ |          | ۱۷۴۶۹۰۶۳ |
|          | ۱۲۵۲۰۰۸۱ |          | ۱۲۵۲۰۰۸۱ |          | ۱۲۵۲۰۰۸۱ |          |
| ۸۹۷۳۰۹۰۱ |          | ۸۹۷۳۰۹۰۱ |          | ۸۹۷۳۰۹۰۱ |          | ۸۹۷۳۰۹۰۱ |
|          | ۶۴۳۱۰۷۶۴ |          | ۶۴۳۱۰۷۶۴ |          | ۶۴۳۱۰۷۶۴ |          |
|          |          | ۴۶۰۹۰۷۶۶ |          | ۴۶۰۹۰۷۶۶ |          | ۴۶۰۹۰۷۶۶ |
|          |          |          | ۳۳۰۳۰۹۰۶ |          | ۳۳۰۳۰۹۰۶ |          |
|          |          |          |          | ۲۳۶۷۰۹۷۲ |          | ۲۳۶۷۰۹۷۲ |
|          |          |          |          |          | ۱۶۹۷۰۱۷  |          |
|          |          |          |          |          |          | ۱۲۱۶۰۳۹۴ |

حال ارزش تحقیق و توسعه بر اساس روش عقب‌گرد محاسبه می‌شود. برای تعیین قیمت اختیار در نمودار درختی فوق، باید محاسبات از نقاط نهایی، یعنی در زمان  $t = 6$  (سال ۹۶)، آغاز شود و به عقب برگردد.

جدول (۳): ارزش جریان‌های احتمالی نقدی شرکت

| ۹۰   | ۹۱   | ۹۲   | ۹۳    | ۹۴    | ۹۵    | ۹۶    |
|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| ۲۳۹۶ | ۴۰۲۱ | ۷۰۴۱ | ۱۳۳۲۹ | ۲۱۵۹۰ | ۳۷۸۰۷ | ۶۶۲۰۵ |
|      | ۲۰۶۵ | ۳۶۱۷ | ۶۳۳۳  | ۱۱۰۹۱ | ۱۹۴۲۱ | ۳۴۰۰۸ |
|      |      | ۱۸۵۸ | ۳۲۵۳  | ۵۶۹۷  | ۹۹۷۶  | ۱۷۴۷۰ |
|      |      |      | ۱۶۷۱  | ۲۹۳۷  | ۵۱۲۵  | ۸۹۷۴  |
|      |      |      |       | ۱۵۰۳  | ۲۶۳۲  | ۴۶۱۰  |
|      |      |      |       |       | ۱۳۵۲  | ۲۳۶۸  |
|      |      |      |       |       |       | ۱۲۱۶  |

چون اختیار واقعی، از نوع اختیار خرید اروپایی است بنابراین قیمت اختیار خرید در هر شاخه برابر است با  $\max[S_T - K, 0]$ ، که در آن  $S_T$  ارزش جریان نقد آزاد در زمان  $T$  و  $K$  قیمت توافقی (هزینه انجام اختیار واقعی) است. اگر از  $T$  به عقب برگردیم و مرحله  $T - \Delta t$  را در نظر بگیریم، قیمت اختیار در هر یک از نقاط تقاطع در این مرحله برابر است با قیمت مورد انتظار در زمان  $T$  که بر مبنای نرخ بهره بدون ریسک  $r$  در خلال مدت زمان  $\Delta t$  تنزیل شده باشد. زیرا فرض شده در فضای بی تفاوت نسبت به ریسک قرار داریم. دوره‌های زمانی نیز یک ساله در نظر گرفته شده‌اند. بنابراین ارزش جریان‌ات نقدی حاصل از اجرای طرح توسعه در سال ۹۰ حدود ۲۲۹۶ میلیون ریال خواهد شد که در جدول ۳ نشان داده شده است.

### نتیجه‌گیری

وجود محیطی پویا در کنار شکل‌گیری شرکت‌های دانش بنیان سبب شده است تا کارایی روش‌های ارزش‌یابی ایستا تاحدی زیر سوال برود. از جمله راه‌های برون رفت از این مشکل، استفاده از رویکرد ارزش‌یابی مبتنی بر اختیارات واقعی است. این رویکرد با توجه به تصمیمات آتی مدیران اقدام به تعیین ارزش شرکت‌ها می‌نمایند. هر چند مدل‌ها و روش‌های بررسی و تحلیل اختیارات واقعی چندان تکامل نیافته‌اند، لیکن در دیدگاه مدیران و سرمایه‌گذاران تاثیر قابل توجهی دارد. این در حالی است که در دنیای پرنوسان کنونی، توجه به اختیارات واقعی و تصمیمات مدیران، اهمیت خاصی دارد. تصمیماتی که ممکن است برای شرکت سود یا زیان زیادی را در پی داشته باشد.

مفهوم اختیارات واقعی مبتنی بر مفهوم اختیارات مالی (اوراق اختیار معامله) است. این ابزار مالی سال‌ها است که در بورس‌های مختلف دنیا مورد دادوستد قرار می‌گیرد. ایده استفاده از این مفهوم در ارزش‌یابی شرکت‌ها به حدود ۲۰ سال قبل بازمی‌گردد. از آن زمان تاکنون و به ویژه در سال‌های اخیر استفاده از این روش برای تعیین ارزش شرکت‌های دانش بنیان مورد توجه محققین و تحلیلگران حوزه مالی قرار گرفته است.

در این تحقیق بر اساس مفهوم اختیارات واقعی، ارزش بخش تحقیق و توسعه یکی از شرکت‌های نوپای پلیمری مورد بررسی قرار گرفته است. جهت تعیین ارزش این بخش، از مدل دو جمله‌ای در یک دوره زمانی ۶ ساله استفاده شد. نوع اختیار مدیران و نیز متغیرهای مورد نیاز برای استفاده از مدل فوق با توجه به داده‌های مالی، نوع صنعت و نیز جلسات مختلف با مدیران و مشاورین مجرب این حوزه، تعیین گردید. از این رو اختیار توسعه اروپایی مبنای تعیین ارزش قرار گرفت. پس از تعیین متغیرهای تحقیق و پیش‌بینی صورت‌های مالی (ترازنامه، سود و زیان و جریان وجوه نقد)، نیز مبتنی بر دستاوردهای تحقیقات کاکس و همکاران (Cox, et al., 1979)، جریان‌های نقد این شرکت تا سال ۹۶ تخمین زده شد. در مرحله بعد با استفاده از روش برگشت به عقب، ارزش شرکت در سال ۹۰، ۲۲۹۶ میلیون ریال تخمین زده شد. با وجود تخمین ارزش واحد تحقیق و توسعه یک شرکت پلیمری، می‌توان مهمترین محدودیت تحقیق را نبود  $\sigma$  برای شرکت‌های کوچک و نوپا در ایران دانست که برای احصای آن زمان بسیار زیادی صرف شد.

## منابع و مأخذ:

۱. ثقفی، ع. تالانه، ع. ۱۳۸۵. "نقش سود، ارزش دفتری، و اختیار واگذاری در ارزش‌یابی حق مالکانه در شرکت‌های تولیدی پذیرفته شده در بورس تهران ۱۳۸۳-۱۳۷۰". بررسی‌های حسابداری و حسابرسی. شماره ۴۴. تابستان.
۲. داموداران، آ. ۱۳۸۷. "ارزشگذاری سهام، مفاهیم و مدل‌های کاربردی". مترجم: شرکت تامین سرمایه امین. تهران: نشر فرا.
۳. درخشان، م. ۱۳۸۳. "مشتقات و مدیریت ریسک در بازارهای نفت". تهران: موسسه مطالعات بین‌المللی انرژی.
۴. دستگیر، م. تالانه، ع. ۱۳۸۵. "سود، قیمت سهم و ارزش‌یابی مبتنی بر اختیار". بررسی‌های حسابداری و حسابرسی. شماره ۴۶. زمستان.
5. Cox, J., Ross, S., Rubinstein, M., 1979. "Option pricing: a simplified, approach". Journal of Financial Economics, No 7, PP 229-264.
6. Davis, G and Samis, M. 2006. "Using Real Options to Manage and Value Exploration". Society of Economic Geologists Special Publication. No 12. PP 273-294.
7. Hartmann, M & Hassan, A. 2006. "Application of real options analysis for pharmaceutical R&D project valuation: Empirical results from a survey", Research Policy, No 35, PP 343-354.
8. Macahery, J & Renneboog L. 2003. Venture Capital Contracting and the Valuation of High-technology Firms". New York: Oxford University Press Inc.
9. Myers, S. 1977. "Determinants of corporate borrowing". Journal of Financial Economics. Volume 5. Issue 2. November. PP 147-175.
10. Newton, D.P., Paxson, D.A., Widdicks, M., 2004. "Real R&D options". International Journal of Management Reviews. No 5/6. PP 113-130.
11. Paxson, D. 2003. "Real R&D options". Blackwell Publishers Ltd.
12. Payatski, M. 1999. "Applications of real options valuation". Ph D dissertation. American university.
13. Weeds, H. 2002. "Strategic delay in a real options models or R&D competition", the review of economic studies, Vol 69, Issue 3, PP 729-747.
14. Wen, W. Change-wen, Zhao. 2010. "Research on the dynamic multi stage decision model of R&D investment and its application based on multistage compound real option". Journal of Huazhong University of science and technology. Vol 5. Issue 1.