

## ارزش‌گذاری فناوری با رویکرد تحلیل اختیارات واقعی: مطالعه فناوری کاشی‌های نانو آنتی‌باکتریال

کمیل فتاحی<sup>۱</sup>، علی بنیادی نائینی<sup>۲\*</sup>، محمدعلی شفیعا<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی دکتری مدیریت فناوری، دانشکده مهندسی پیشرفت، دانشگاه علم و صنعت ایران

۲- استادیار دانشکده مهندسی پیشرفت، دانشگاه علم و صنعت ایران

۳- دانشیار دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران

### چکیده

یکی از چالش‌های حمایت از کارآفرینان، ارزش‌گذاری فناوری آنها به منظور تأمین مالی از طریق سرمایه‌گذاری خطرپذیر است. در خلال فرآیند تأمین مالی، برای سرمایه‌گذار مطلوب است که با مشخص شدن تدریجی عدم قطعیت‌ها، این حق را داشته باشد که با اعمال اختیاراتی نظیر توسعه، تحدید و یا فسخ، میزان سرمایه‌گذاری خود را افزایش و یا کاهش داده و یا حتی متوقف نماید. از سوی دیگر، منطقی است که کارآفرین در صورت اعطاء چنین اختیاراتی، ارزش بالاتری را برای فناوری خود طلب نماید. در این مقاله، مرور مطالعات و بهره‌مندی از نظرات خبرگان به عنوان روش تحلیل اختیارات واقعی ارزش‌گذاری فناوری در تأمین مالی خطرپذیر قرار گرفته است. بر خلاف پژوهش‌های قبلی که از اختیار ترکیبی بهره برده‌اند از "انتخاب انتخاب" برای اعمال انعطاف‌پذیری‌های سرمایه‌گذاری در مرحله تجاری‌سازی استفاده و بدین طریق میزان ارزش افزوده برای ترغیب کارآفرین به اعطاء اختیارات مذکور محاسبه می‌شود. در پایان با ارزش‌گذاری یک فناوری موردی از طریق بکارگیری رویکرد پیشنهادی و حصول ارزش افزوده‌ای نزدیک به ۴/۳۶ میلیارد ریال در مقایسه با روش مرسوم تنزیل جریان نقدی، مشخص شد که محاسبات یک مورد واقعی با استدلال مطرح‌شده منطبق است.

**کلیدواژه‌ها:** ارزش‌گذاری فناوری، تحلیل اختیارات واقعی، اختیار انتخاب، تأمین مالی خطرپذیر

برای استنادات بعدی به این مقاله، قالب زیر به نویسندگان محترم مقالات پیشنهاد می‌شود:

Fattahi, K., Bonyadi Naeini, A., & Shafia, M. A. (2018). **Technology Valuation via Real Options Analysis: Case Study of NanoAntibacterial Tiles Technology.** *Journal of Science & Technology Policy*, 10(3), 59-72. {In Persian}. DOI: 10.22034/jstp.2018.10.3.539510

### ۱- مقدمه

جایی دیگر نیز آمده که شرکت‌های کوچک فناور نقشی حیاتی در توسعه کشورها دارند لیکن به دلیل عدم دسترسی به سرمایه با مشکل مواجه شده و این مشکل از بزرگترین موانع پیش روی کارآفرینان است [۴].

در راستای تأمین مالی ایده‌های فناورانه کارآفرینان که از جمله مهم‌ترین چالش‌های حمایت از کارآفرینان است عمده مشکل سرمایه‌گذاران خطرپذیر، عدم توانایی ارزش‌گذاری دقیق فناوری آنها بوده [۵] و بنابراین ارزش‌گذاری فناوری یکی از

بسیاری از محققان به بیان شواهدی پرداخته‌اند که کسب‌وکارهای کوچک و متوسط دانش‌بنیان شکل‌گرفته توسط کارآفرینان، منجر به ایجاد اشتغال و ثروت بالایی می‌شوند [۲و۱]. آنها عنوان کرده‌اند که شرکت‌های دانش‌بنیان، منبعی حیاتی برای ایجاد شغل‌های جدید هستند [۳]. در

DOI: 10.22034/jstp.2018.10.3.539510

www.SID.ir  
bonyadi@just.ac.ir

با عنایت به جمیع موارد مذکور، در این مقاله روش تحلیل اختیارات واقعی با بکارگیری اختیار انتخاب<sup>۳</sup>، صرفاً برای ارزش گذاری فناوری در تأمین مالی خطرپذیر و خاص مرحله تجاری سازی فناوری که دربرگیرنده ریسک بازار می باشد پیشنهاد شده است. لازم به ذکر است که اعمال انعطاف پذیری ها و اطمینان از رفع عدم قطعیت ها برای سرمایه گذاران، از طریق بکارگیری اختیار انتخاب در تحلیل اختیارات واقعی میسر شده که در تحقیقات قبلی با توجه به مراحل سرمایه گذاری از اختیار ترکیبی<sup>۴</sup> استفاده شده است. ضمناً برای ارزش گذاری فناوری در مراحل اولیه رشد، سنجش ریسک موفقیت یا شکست آنها در این مراحل مورد نیاز بوده (که مربوط به ریسک خصوصی یا همان ریسک فنی است) و به آن پرداخته نشده است.

ابتدا پیشینه پژوهش بررسی و با مرور مبانی نظری به انتخاب رویکرد و روش مناسب ارزش گذاری فناوری در تأمین مالی خطرپذیر پرداخته می شود. در بخش روش پژوهش نیز اختیار انتخاب و ارزش گذاری اختیار با استفاده از تحلیل اختیارات واقعی را بررسی می کنیم. در ادامه به منظور ارزیابی استدلال مطرح شده، ارزش گذاری فناوری تولید کاشی نانوانتی باکتریال با رویکرد مذکور انجام می پذیرد تا تأثیر اعمال اختیارات انعطاف پذیری های سرمایه گذار بر میزان ارزش گذاری فناوری مربوطه و ارزش افزوده ایجاد شده مشخص شود. در تحلیل اختیارات واقعی مرحله تجاری سازی، یک ارزش اختیار<sup>۵</sup> که همان خالص ارزش فعلی راهبردی<sup>۶</sup> می باشد به دست می آید. شاخص اخیر به سرمایه گذار این آگاهی را می دهد که آیا با اعمال اختیارات و انعطاف پذیری های مدیریتی طی فرآیند تجاری سازی فناوری، سرمایه گذاری مربوطه به لحاظ اقتصادی امکان پذیر و سودآور هست یا خیر.

## ۲- پیشینه پژوهش

به منظور دستیابی به روشی مناسب ارزش گذاری فناوری کارآفرین و اعمال انعطاف پذیری های سرمایه گذار به منظور توسعه، تحدید و یا توقف سرمایه گذاری در مرحله

مهم ترین الزامات تجاری سازی [۶] و در اغلب موارد یکی از عوامل اصلی مختل کننده فرآیند تجاری سازی فناوری و مهم ترین بحث هایی است که یک کارآفرین می تواند با سرمایه گذاران داشته باشد [۷-۹]. در ابتدای مشارکت، سرمایه گذار متمایل به ارزش گذاری پائین فناوری کارآفرین و در نتیجه دریافت سهم بیشتر از مالکیت در ازاء مبلغ سرمایه گذاری خود است و در سوی دیگر کارآفرین به علت تعلقات خاطر نسبت به ایده و همچنین درک نادرست از بازار خود، متقاضی ارزش گذاری بالای فناوری و در نتیجه در اختیار داشتن سهم بالایی از مالکیت می باشد [۱۰]. لذا هم کارآفرین و هم سرمایه گذار به ارزش گذاری توجه ویژه ای دارند زیرا معیاری برای تعیین میزان سهام و بازگشت سرمایه گذاری در اختیار طرفین قرار می دهد [۱۱] که همگی دلیل بر اهمیت موضوع ارزش گذاری فناوری در حوزه تأمین مالی از طریق سرمایه گذاری خطرپذیر است.

نتایج بررسی های به عمل آمده نیز نشان می دهد که سرمایه گذاران در طول مراحل رشد فناوری ها، عمدتاً راغب به سرمایه گذاری در مرحله تجاری سازی می باشند [۱۲]. همچنین اعمال انعطاف پذیری ها و اطمینان از رفع عدم قطعیت ها برای سرمایه گذاران ارزشمند بوده که به این دلیل، بکارگیری روش های قدیمی ارزش گذاری فناوری برای تأمین مالی خطرپذیر توصیه نشده و بکارگیری تحلیل اختیارات واقعی، اثربخش تر قلمداد شده است [۱۳]. در بررسی ارزش گذاری فناوری یا پروژه های فناورانه، دو نوع ریسک وجود دارد؛ اول، ریسک بازار که ریسک نوسانات درآمدهای آتی مورد انتظار بوده و از شرایط بازار مانند تقاضای بازار، رقابت پذیری و غیره منتج می شود و دوم، ریسک خصوصی که مربوط به کارایی و اثربخشی یک شرکت در اجرای پروژه ها بوده و نه تنها به بهره وری سازمانی در جهت تکمیل پروژه بلکه به اثربخشی فناوری شرکت نیز مربوط است [۱۴]. طبق نظر کودوکولا و پاپودسو<sup>۱</sup> [۱۵] روش تحلیل اختیارات واقعی<sup>۲</sup> تنها برای ریسک بازار و مرحله تجاری سازی مناسب است و راه حل های مسائل اختیارات واقعی را برای ریسک خصوصی و مراحل اولیه رشد فناوری معتبر ندانسته اند.

3- Option to choose  
4- Compound options  
5- Option value  
6- Strategic net present value

1- Kodukula & Papudesu  
2- Real options analysis (ROA)

مربوطه برای ایجاد درآمدهای خالص طی دوره عمر فناوری (ثبت اختراع) به همراه ریسک‌های دخیل در سرمایه‌گذاری مربوطه می‌پردازد. روش‌های ارزش‌گذاری مختلفی توسط شرکت‌ها و دانشگاه‌ها در چارچوب این رویکرد به کار برده شده که به ترتیب میزان پیچیدگی، چهار روش تنزیل جریان نقدی<sup>۱</sup>، ارزش خالص فعلی تعدیل‌شده با ریسک<sup>۲</sup>، ارزش خالص فعلی با شبیه‌سازی مونت‌کارلو و نظریه اختیارات واقعی<sup>۳</sup> بیشترین کاربرد را دارند [۲۳].

رومن<sup>۴</sup> و همکاران [۲۳] به بررسی روش‌های مختلف ارزش‌گذاری فناوری‌های کاربردی برای انتقال فناوری دانشگاهی پرداخته‌اند. آنها دریافتند که نمی‌توان یک روش را برای ارزش‌گذاری تمامی فناوری‌های دانشگاهی توصیه نمود چون هر فناوری ویژگی‌ها و شرایط خاص خود را دارد و یک روش خاص یا ترکیبی از روش‌ها می‌تواند در ارزش‌گذاری آن به کار رود. در پژوهش قاضی‌نوری و همکاران [۶] که در آن به ارزش‌گذاری دانش فنی فن‌بازارها پرداخته شده پژوهشگران، استفاده هم‌زمان و ترکیبی از چندین روش را به دلیل کاهش خطا ترجیح داده‌اند و در آن، عوامل مؤثر بر ارزش‌گذاری به دو دسته قبل و بعد از ورود به بازار تقسیم و ارزش‌گذاری نهایی به صورت ترکیب وزنی دو دسته عوامل مذکور ارائه شده است. در پژوهش مذکور، عوامل قبل از ورود به بازار شامل هزینه تولید نمونه، حقوق کارکنان واحد تحقیق و توسعه، هزینه مواد اولیه استفاده‌شده در آزمایش‌ها، زیرساخت‌های استفاده‌شده و ... و در مرحله ورود به بازار عواملی نظیر عمر فناوری، موقعیت انحصاری، دامنه کاربرد، درجه استاندارد بودن، درجه تکامل، سهم مشارکت و ... در نظر گرفته شده لیکن در این روش نیز علی‌رغم جامعیت آن، اعمال انعطاف‌پذیری‌های مدیریتی سرمایه‌گذار نادیده گرفته شده است.

برخی پژوهش‌ها مانند پژوهش صفری و الداغی [۲۵] به شناسایی و رتبه‌بندی عوامل مؤثر بر تعیین ارزش فناوری پرداخته‌اند که در آن، شاخص‌های موقعیت بازار، امتیاز بیشتری کسب نموده‌اند. به گفته محققین، نبود فناوری‌های هم‌تراز و عدم امکان مقایسه با فناوری‌های مشابه و همچنین

تجاری‌سازی فناوری، به بررسی پیشینه پژوهش در سه زیربخش «ارزش‌گذاری فناوری و رویکردهای آن»، «رویکرد و روش‌های ارزش‌گذاری فناوری در تأمین مالی خطرپذیر» و «دلایل عدم کاربرد گسترده تحلیل اختیارات واقعی» پرداخته شده و نهایتاً جمع‌بندی‌ای از موارد فوق‌الذکر ارائه شده است.

## ۲-۱ ارزش‌گذاری فناوری و رویکردهای آن

امروزه توانمندی‌های نوآورانه و دارایی‌های فناورانه در تعیین ارزش یک شرکت خطرپذیر ایجادشده توسط کارآفرینان، مؤثر هستند [۱۱ و ۱۷]. اصطلاح مالکیت فکری شامل ثبت اختراعات، علائم تجاری، حق کپی‌برداری، رازهای تجاری و دانش فنی بوده [۱۸] و ارزش‌گذاری مالکیت فکری، مورد علاقه ذینفعان در بخش دانشگاه و هم مورد علاقه ذینفعان در حوزه کسب‌وکار است [۱۹]. ارزش‌گذاری فناوری برای اهداف متنوعی نظیر مذاکره انتقال فناوری بین دو شرکت، واگذاری سهام به منظور تأمین مالی، در وثیقه قرار دادن مالکیت فکری برای اخذ تسهیلات بانکی و ... به کار برده می‌شود [۲۰] که در این پژوهش بر روی هدف واگذاری سهام به منظور تأمین مالی کارآفرین تمرکز شده است. بر اساس مطالعات صورت‌گرفته، رویکردهای اصلی ارزش‌گذاری فناوری می‌توانند به سه دسته اصلی هزینه‌محور، بازارمحور و درآمدمحور تقسیم شوند [۱۸ و ۲۱].

رویکرد هزینه‌محور، ارزش‌گذاری فناوری را بر اساس هزینه مورد نیاز تولید آن انجام می‌دهد [۲۲] و در آن، دو روش تولید مجدد و هزینه جایگزینی مطرح است. این رویکرد ارزش‌گذاری از این لحاظ که تنها هزینه‌ها را پایش می‌کند ساده است لیکن به علت پیچیدگی پروژه‌های فناورانه، برای شرکت‌های فناور چندین جالب توجه نبوده ضمن آنکه عدم توجه به عواید اقتصادی آتی حاصل از تجاری‌سازی فناوری هم از جمله محدودیت‌های این رویکرد می‌باشد [۲۳].

رویکرد بازارمحور نیازمند اطلاعات آخرین معاملات و ارزش فناوری‌های مشابه است که با مقایسه آنها، فناوری مربوطه را ارزش‌گذاری می‌کند. واضح است که در خصوص فناوری‌های پیشرفته و نوآوری‌های ریشه‌ای، یافتن فناوری‌های مشابه و متغیرهایی که بتوان آنها را برای مقایسه استفاده نمود عموماً مشکل است [۲۴].

رویکرد درآمدمحور به تجزیه و تحلیل پتانسیل فناوری

1- Discounted Cash Flow (DCF)  
2- Risk-adjustment Net Present Value (rNPV)  
3- Real Options Theory (ROT)  
4- Roman

ارزش گذاری فناوری را محاسبه نمی کند [۲۳]. تحلیل درخت تصمیم گیری<sup>۱</sup> از جمله روش های قدیمی و یک ابزار پیچیده تر از تنزیل جریان نقدی است که یک پروژه فناورانه چند مرحله ای شامل تصمیم گیری مشروط را نیز ارزش گذاری می کند و در آن، ریسک به جای نرخ تنزیل تعدیل شده با ریسک، با استفاده از نتایج احتمالات محاسبه می شود. از جمله اشکالات وارده به این روش، تخمین ذهنی احتمالات مورد استفاده در گره های تصمیم گیری می باشد و منتقدان ادعا می کنند که تحلیلگران و مدیران می توانند این اعداد را به نفع خود تحریف کنند [۱۵].

علاوه بر روش های سنتی مذکور، دو روش ارزش گذاری تأمین مالی خطرپذیر<sup>۲</sup> و ارزش گذاری فرست شیکاگو<sup>۳</sup> نیز مختص ارزش گذاری تأمین مالی خطرپذیر ارائه شده اند. در روش ارزش گذاری تأمین مالی خطرپذیر، ارزش شرکت خطرپذیر در دوره سرمایه گذاری بر اساس تخمین ارزش ترمینال شرکت یا فناوری مربوطه و تنزیل آن با نرخ بازگشت مورد انتظار سرمایه گذار<sup>۴</sup> به زمان حال تعیین می شود که در کشورهای توسعه یافته این نرخ تنزیل از شرکت های مشابه به دست می آید [۲۹] لیکن در ایران با توجه به نرخ سود بانکی بالا، شرایط متفاوت بازار و همچنین عدم دسترسی به اطلاعات شرکت های مشابه، نمی توان از نرخ های مربوطه و مقایسه آنها با شرکت های مشابه بهره برد. از دیگر معایب این روش می توان به فقدان دقت کافی به دلیل تکیه آن بر اطلاعات محدود و قواعد سرانگشتی و نادیده گرفتن عدم قطعیت و انعطاف پذیری های سرمایه گذار در خلال فرآیند سرمایه گذاری اشاره نمود.

نام روش ارزش گذاری فرست شیکاگو برگرفته از نام اولین صندوق تأمین مالی خطرپذیر ارائه کننده این روش است. ویژگی این روش، بهره مندی از سه سناریوی خوشبینانه، محتمل و بدبینانه برای جریان وجوه نقد و اختصاص یک احتمال به وقوع هر سناریو است که با محاسبه میانگین موزون ارزش فعلی در سناریوهای سه گانه فوق الذکر، به تخمین ارزش فناوری یا شرکت خطرپذیر مربوطه می پردازد [۳۰]. با وجود امتیازهای ویژه این روش، هیچ راهنمایی در

عدم اعمال انعطاف پذیری های سرمایه گذار از محدودیت های این روش است.

## ۲-۲ رویکرد و روش های ارزش گذاری فناوری در تأمین مالی خطرپذیر

با توجه به بررسی های فوق و ویژگی های فناوری ها و نیز کارآفرینان مربوطه (صاحبان فناوری های منحصر به فرد و نامرسوم) به عنوان راهبران فناوری در هر صنعت و ایجادکنندگان بخش های صنعتی جدید، همچنین توجه به آنها به عنوان منابع نوآوری های ریشه ای و ریسک بالای فناوری های در اختیار آنها و ... [۲۶-۲۸] به نظر می رسد که رویکرد درآمدمحور برای ارزش گذاری فناوری مناسب تر است. روش های مبتنی بر رویکرد مذکور در ادامه مورد بررسی قرار می گیرد.

مطابق دیدگاه کودوکولا و پاپودسو [۱۵] روش تنزیل جریان نقدی بر پایه مجموعه ای از مفروضات نسبت به عایدی پروژه استوار بوده در حالی که در دنیای واقعی عایدی غیرقطعی و احتمالی است و در نتیجه، این روش تنها بُعد منفی ریسک را بیان نموده و به ریسک مطلوب و افزایش بازدهی ناشی از آن توجه نمی کند. این روش به طور ذاتی منجر به رد کردن پروژه های دارای ریسک بالا به دلیل عدم اطمینان موجود در آنها می شود زیرا از منظر یک شخص غیرحرفه ای، ریسک مفهومی کاملاً منفی است و از این منظر، ریسک بالاتر نرخ تنزیل بالاتری را نیز به همراه خواهد داشت.

سایر روش های قدیمی ارزش گذاری هم یک شکل گسترش یافته اما نه یک جایگزین برای استفاده از روش تنزیل جریان نقدی هستند. روش تنزیل جریان نقدی مجموعه ای از پارامترهای ورودی را گرفته و یک خالص ارزش فعلی برای دوره عمر فناوری محاسبه می کند. شبیه سازی مونت کارلو نیز همان محاسبات را هزاران بار و تنها با تغییر پارامترهای ورودی انجام می دهد و نتایج آن، توزیع درآمد پروژه را به طور متوسط بر اساس روش تنزیل جریان نقدی نشان می دهد. در حالی که روش ساده تنزیل جریان نقدی قطعی است نتایج شبیه سازی مونت کارلو یک توزیع احتمالی از خالص ارزش فعلی های ممکن فناوری ارائه می کند. شبیه سازی مونت کارلو همانند روش تنزیل جریان نقدی دارای اشکالاتی است و تصمیمات اقتضایی و تأثیر آنها در

1- Decision tree analysis (DTA)  
2- Venture capital valuation method  
3- First chicao valuation method  
4- Investor's expected return rate

زهانگ<sup>۱</sup> و همکاران [۳۸] و مارتین باریا<sup>۱۱</sup> و همکاران [۳۹] هم ادعا شده که به دلایلی نظیر تخمین پائین روش تنزیل جریان نقدینگی از ارزش پروژه‌های تحقیق و توسعه، عدم انعطاف‌پذیری در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی، فقدان توجه به عدم قطعیت‌ها در بازار و تجاری‌سازی فناوری‌های جدید، روش‌های قدیمی نظیر تنزیل جریان نقدینگی مفید و مکفی نبوده و با بکارگیری اختیار ترکیبی، روش تحلیل اختیارات واقعی را برای ارزش‌گذاری پروژه‌های فناورانه انرژی‌های تجدیدپذیر به کار برده‌اند.

## ۲-۳ دلایل عدم کاربرد گسترده تحلیل اختیارات واقعی در ارزش‌گذاری فناوری

با وجود پتانسیل بالقوه روش تحلیل اختیارات واقعی برای کاربرد گسترده، این روش به عللی نظیر جدید بودن (در مقایسه با روش‌های مرسوم نظیر تنزیل جریان نقدینگی)، پیچیده‌تر و نیازمند درک بالاتر بودن، عدم اقبال تحلیل‌گران و مشاوران، قابل درک نبودن آن برای مدیران تصمیم‌گیر و نهایتاً امکان بهره‌مندی از روش بلک-شولز<sup>۱۲</sup> (در مقابل روش دو جمله‌ای) و توجه به آن به مثابه یک جعبه سیاه دارای ابهامات که در دامن زدن به این پیچیدگی‌ها مؤثر بوده بسیار اندک مورد استفاده قرار گرفته است [۱۵].

در تحلیل اختیارات واقعی، استفاده از دو روش بلک-شولز و دو جمله‌ای مرسوم است. با وجود آنکه با تنظیم مناسب رویکرد بلک-شولز می‌توان آن را برای مسائل مختلف به کار برد اما با این کار، یک معادله پیچیده، باز هم پیچیده‌تر می‌شود. روش دو جمله‌ای که در مقایسه با روش بلک-شولز انعطاف‌پذیری و سهولت بیشتری داشته و پارامترهای ورودی آن مانند قیمت توافقی و نوسانات را می‌توان به راحتی در طول عمر اختیار تغییر داد و نیز توضیح نتایج آن به مدیران رده بالا جهت اتخاذ تصمیمات مدیریتی نیز سهل‌تر می‌باشد مورد توجه بیشتری قرار گرفته است. گرچه روش بلک-شولز ارزش‌گذاری دقیق‌تری از اختیار معامله ارائه می‌دهد اما روش دو جمله‌ای نیز نتایجی تقریباً نزدیک به آن ارائه می‌کند [۱۵].

در خصوص بکارگیری تحلیل اختیارات واقعی و روش

خصوص تعیین نرخ تنزیل و همچنین عدم قطعیت و انعطاف‌پذیری‌های سرمایه‌گذار در خلال فرآیند سرمایه‌گذاری و تأثیر آنها بر میزان ارزش فناوری، ارائه نشده است.

در پژوهش فستل<sup>۱</sup> و همکاران [۳۱] که برای ارزش‌گذاری فناوری شرکت‌های فناور تازه تأسیس در مراحل اولیه رشد آنها انجام شده تنها به دلیل سادگی روش، از روش تنزیل جریان نقدینگی استفاده شده و به انعطاف‌پذیری‌ها و عدم قطعیت‌ها توجهی نشده است. وانگ و تانگ<sup>۲</sup> [۱۳] برای ارزش‌گذاری در تأمین مالی خطرپذیر شرکت‌های فناور حوزه کشاورزی از روش تحلیل اختیارات واقعی بهره برده‌اند که قبلاً به محدودیت‌های آن ذیل روش‌های سنتی (عدم انعطاف‌پذیری، فقدان توجه به عدم قطعیت‌ها و ...) اشاره شد. در مطالعه آنها اختیارات سرمایه‌گذار برای تأمین مالی در مراحل مربوطه، مهم قلمداد و روش تنزیل جریان نقدی<sup>۳</sup> از این منظر که با توجه به اطلاعات زمان تصمیم‌گیری نسبت به ارزش‌گذاری کلی اقدام می‌نماید ضعیف ارزیابی شده است. آنها با این استدلال که در روش تنزیل جریان نقدینگی، توقف و تعویق در سرمایه‌گذاری لحاظ نمی‌شود بکارگیری روش اختیارات واقعی را برای ارزش‌گذاری ضروری دانسته‌اند. در کتاب ارزش‌گذاری مالکیت فکری فناوری محور ریچارد رازگیتس<sup>۴</sup> [۳۲] نیز بکارگیری روش اختیارات واقعی تنها به عنوان یک روش ارزش‌گذاری معرفی نشده بلکه روشی مفید برای شکل‌دهی به مذاکرات بین سرمایه‌گذار و کارآفرین و رسیدن به توافق نهایی در سرمایه‌گذاری خطرپذیر تلقی شده است. هانت<sup>۵</sup> و همکاران [۳۳] نیز به نقش انعطاف‌پذیری‌های مدیریتی در فرآیندهای تحقیق و توسعه به منظور امکان ارزیابی مجدد و تعدیل تصمیم‌گیری‌ها و وارد نمودن تغییرات محیطی در تصمیمات مدیریتی تأکید و بکارگیری روش تحلیل اختیارات واقعی برای ارزش‌گذاری فناوری در این حوزه را توصیه نموده‌اند.

در پژوهش‌های کیم<sup>۶</sup> و همکاران [۳۴]، کرونیگر و مدلنر<sup>۷</sup> [۳۵]، جیون<sup>۸</sup> و همکاران [۳۶]، ویبل و مدلنر<sup>۹</sup> [۳۷]، زهانگ<sup>۱۰</sup>

1- Festel  
2- Wang and Tang  
3- Discounted Cash Flow  
4- Richard Razgaitis  
5- Hunt  
6- Kim  
7- Kroniger and Madlener  
8- Jeon

9- Weibel and Madlener  
10- Zhang  
11- Martin-Barrera  
12- Black-scholes

هستند که دارنده آنها حق خاتمه یا کاهش مقیاس پروژه از طریق فروش تمام یا بخشی از دارایی های پروژه را دارد. یک اختیار به دلیل عدم قطعیت های موجود در بازار که مرتبط با دارایی اصلی است دارای ارزش می باشد. ایده مسئله هم این است که امکان دارد اختیار، اعمال شود و پروژه آغاز، توسعه، کاهش مقیاس و یا فسخ شود. اختیار به شما اجازه می دهد که در عین حال که از مزایای ریسک های مطلوب استفاده می نمائید از معایب ریسک های نامطلوب دوری کنید. اختیار انتخاب، ترکیب چندین اختیار مختلف به عنوان یک اختیار منفرد را نیز شامل می شود. دلیل استفاده از نام انتخاب برای این اختیار به این خاطر است که فرد می تواند پروژه را باز نگه داشته و پروژه به عملیات فعلی خود ادامه دهد و یا یکی از اختیارات توسعه، تحدید و فسخ را جهت اعمال، انتخاب نماید [۱۵].

در خلال فرآیند سرمایه گذاری و مشارکت چون کارآفرینان صاحب فناوری، اغلب با ظرفیت کامل شروع به فعالیت نمی کنند با در نظر گرفتن سه اختیار مذکور نسبت به محاسبه هزینه و درآمد هر یک از اختیارات اقدام می شود. سپس در فرآیند ارزش گذاری با در نظر گرفتن اختیار انتخاب و حرکات رو به عقب در درخت دوجمله ای، ارزش اختیار در هر مرحله و نیز به صورت کلی محاسبه می شود.

### ۲-۳ ارزش گذاری اختیار

همانطور که در بررسی ها مشخص شد مدل دوجمله ای در زمره پرکاربردترین روش های تحلیل اختیارات است. مدل دوجمله ای می تواند توسط درخت دوجمله ای که در شکل ۱ برای سه مرحله ترسیم شده نشان داده شود.  $S_0$  ارزش دارایی پایه است. در اولین مرحله، درخت هم به سمت بالا و هم به سمت پائین رفته و از آنجا نیز در گام های زمانی آتی به بالا و پائین رفتن ادامه می دهد. حرکات به سمت بالا و پائین به وسیله ضرایب  $u$  و  $d$  نشان داده می شوند.  $u$  بیشتر از ۱ و  $d$  کمتر از ۱ است و فرض می کنیم  $u=1/d$ . مقادیر این ضرایب به نوسانات دارایی اصلی طی دوره عمر اختیار بستگی دارد. در اولین مرحله، درخت دوجمله ای دو نقطه دارد که نشان دهنده ارزش های ممکن  $(S_0u, S_0d)$  برای دارایی در آخر آن دوره زمانی است. به همین ترتیب مرحله دوم دارای سه نقطه و سه ارزش متفاوت  $(S_0u^2, S_0ud, S_0d^2)$  برای دارایی و

درخت دوجمله ای اگر چه بسیاری صاحب نظران چارچوب هایی چندمرحله ای برای ارزش گذاری و تصمیم گیری برای سرمایه گذاری در پروژه های مختلف ارائه کرده اند [۱۵ و ۱۶] و برخی نیز به صورت تخصصی، چارچوبی خاص را برای حوزه انرژی های تجدیدپذیر کشورهای در حال توسعه پیشنهاد کرده اند [۱۷] لیکن چارچوب های ارائه شده با توجه به مراحل رشد فناوری، شرکت خطرپذیر و یا پروژه های فناورانه، همگی از مدل اختیار ترکیبی استفاده نموده اند. این در حالی است که با در نظر گرفتن تمایل سرمایه گذاران خطرپذیر برای تأمین مالی در مرحله تجاری سازی و عدم مشاهده پژوهشی<sup>۱</sup> در راستای ارزش گذاری فناوری کارآفرینان به منظور تأمین مالی خطرپذیر آنها با در نظر گرفتن اعمال انعطاف پذیری های سرمایه گذار نظیر توسعه، تحدید و یا توقف سرمایه گذاری در مرحله تجاری سازی، "تحلیل اختیارات واقعی بر پایه روش دوجمله ای و با بکارگیری اختیار انتخاب" به عنوان ابزار اصلی برای ارزش گذاری فناوری در این حوزه و در این مرحله از رشد فناوری پیشنهاد شده است.

### ۳- روش پژوهش

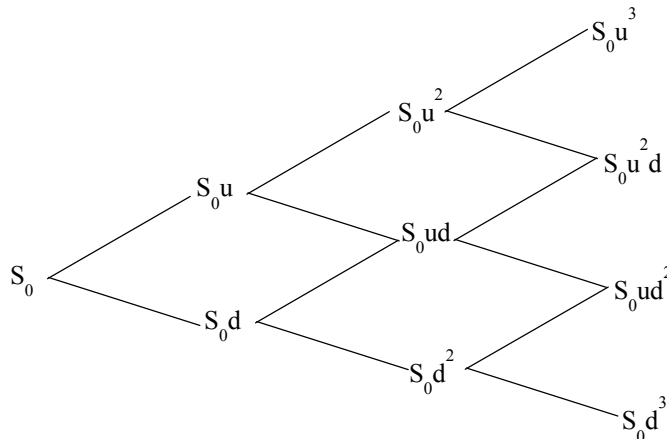
در این مقاله به منظور ارزش گذاری فناوری در تأمین مالی خطرپذیر و در مرحله تجاری سازی، مطابق پیشینه فوق و نظرات خبرگان، تحلیل اختیارات واقعی بر پایه روش دوجمله ای و بکارگیری اختیار انتخاب مورد استفاده قرار گرفته است.

### ۳-۱ اختیار انتخاب

یک اختیار واقعی در ساده ترین حالت یک حق (نه تعهد) جهت سرمایه گذاری در یک پروژه در زمانی مربوط به آینده است. اختیار تعویق<sup>۲</sup> یک اختیار خرید<sup>۳</sup> با حق تأخیر در شروع شروع پروژه است. اختیار توسعه نیز یک اختیار خرید است که به دارنده آن اختیار توسعه و افزایش مقیاس پروژه را می دهد. اختیارات فسخ و تحدید، اختیار فروش آمریکایی

۱- شاید در عمل و در پروژه های محرمانه روش پیشنهادی، به کار گرفته شده باشد لیکن نویسندگان در زمان نگارش این متن به مقاله پژوهشی مشابهی در این خصوص برخوردند.

2- Option to postpone  
3- Call option



شکل ۱) درخت دو جمله‌ای در سه مرحله زمانی

و روش مفروضات مدیریت<sup>۴</sup>. سه روش اول به عللی نظیر عدم امکان همخوانی با جریان نقدی منفی در برخی موارد، عدم وجود پروژه‌ها و بازار مشابه پروژه‌های فناورانه و نیز عدم وجود شرکتی با قیمت پایانی سهام مشابه (که مشخصات جریان نقد و ریسک‌های قابل مقایسه با شرکت یا پروژه فناورانه مورد نظر را داشته باشد) مناسب پروژه‌های جدید و فناورانه نمی‌باشند در این تحقیق، با توجه به دلایل قیدشده و ویژگی‌های فناوری کارآفرینان، از روش مفروضات مدیریت که روشی ساده و کاربردی است برای محاسبه نوسان استفاده شده است. در این روش، سه تخمین خوش‌بینانه ( $S_{opt}$ )، بدبینانه ( $S_{pes}$ ) و محتمل ( $S_0$ ) از درآمد‌های مورد انتظار برای طول عمر پروژه ( $t$ ) محاسبه می‌شود. با فرض پیروی درآمد از یک توزیع لگاریتمی نرمال و با دانستن دو مورد از سه تخمین فوق، نوسانات ارزش دارایی پایه با بکارگیری یکی از اشکال رابطه A3 محاسبه می‌شود:

$$\sigma = \frac{\ln\left(\frac{S_{opt}}{S_0}\right)}{2\sqrt{T}} \quad \text{یا}$$

$$\sigma = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{S_{pes}}\right)}{2\sqrt{T}} \quad \text{یا}$$

$$\sigma = \frac{\ln\left(\frac{S_{opt}}{S_{pes}}\right)}{4\sqrt{T}} \quad (A3)$$

احتمالات ختشی نسبت به ریسک ( $p$ ) طبق رابطه A4 تعریف می‌شود که در آن  $r$  نرخ بهره بدون ریسک یا همان نرخ بازده

مرحله سوم دارای چهار نقطه و چهار ارزش متفاوت ( $S_0u^3, S_0u^2d, S_0ud^2, S_0d^3$ ) برای دارایی است و ... آخرین نقاط در انتهای درخت دو جمله‌ای هم نشانگر دامنه ممکن برای ارزش دارایی در انتهای عمر اختیار است.

روش‌شناسی اساسی این شیوه بهره‌مندی از احتمالات ختشی نسبت به ریسک شامل تعدیل جریان‌های مالی نسبت به ریسک در سراسر شبکه به وسیله احتمالات ختشی نسبت به ریسک و تنزیل آنها توسط نرخ بدون ریسک است. شبکه دو جمله‌ای که ارزش دارایی پایه را نشان می‌دهد می‌تواند به وسیله روابط A1 تا A5 توصیف شود [۱۵] و ورودی‌هایی که برای ساختن درخت دو جمله‌ای و محاسبه ارزش اختیار، مورد نیاز هستند عبارتند از:  $\sigma, r, S_0, X, T, \delta_t$  که به ترتیب بیانگر ضریب نوسان<sup>۱</sup>، نرخ بهره بدون ریسک، ارزش فعلی دارایی پایه، بهای اعمال اختیار (میزان سرمایه‌گذاری)، طول عمر اختیار و گام زمانی می‌باشند.

ضرایب رو به بالا و پائین  $u$  و  $d$  هم تابعی از نوسانات دارایی پایه بوده و با فرمول‌های A1 و A2 محاسبه می‌شوند:

$$u = \exp(\sigma\sqrt{\delta_t}) \quad (A1)$$

$$d = \exp(-\sigma\sqrt{\delta_t}) \quad (A2)$$

$\sigma$  بیانگر نوسانات ارزش کل دارایی اصلی و مربوط به عدم قطعیت جریان‌های نقدی در طول عمر اختیار است. چهار روش عمده تخمین نوسانات عبارتند از: روش لگاریتم بازده جریان نقدی<sup>۲</sup>، روش پروکسی پروژه<sup>۳</sup>، روش پروکسی بازار<sup>۴</sup>

4- Market Proxy  
 5- Management Assumption

1- Volatility  
 2- Logarithmic Cash Flow Returns  
 3- Project Proxy

متغیرهای مورد نیاز تعیین و سپس محاسبات از طریق رویکرد پیشنهادی به شرح زیر انجام شده است:

- طبق نظر خبرگان، دوره عمر فناوری پنج سال تعیین شد.

- در راستای تعیین اختیارات انتخاب برای این مشارکت در تأمین مالی، سه اختیار فسخ، توسعه و تحدید در مرحله تجاری سازی در نظر گرفته شد. ارزش واگذاری مالکیت ثبت اختراع مربوطه، از طریق ساختار سلسله مراتبی پژوهش چپو و چن<sup>۳</sup> [۴۳] و بر اساس نظر خبرگان برابر ۹/۲ میلیارد ریال تخمین زده شده که در ساختار مذکور، شاخص های اصلی و فرعی ذیل مورد بررسی و استفاده قرار گرفتند:

۴ ماهیت فناوری (بلوغ فناوری، دامنه کاربرد، سازگاری و پیچیدگی)

۴ ابعاد هزینه ای (هزینه تحقیق و توسعه، هزینه انتقال و هزینه مرجع استانداردهای صنعت)

۴ بازار محصول (دوره عمر محصول، سهم بالقوه بازار، اندازه بازار و مزیت ایجاد بازار جدید)

۴ بازار فناوری (تعداد عرضه کنندگان، تعداد متقاضیان و سطح تجاری)

با توجه به مبلغ تخمینی فوق، سرمایه گذار می تواند عملیات خود را به میزان ۳۵ درصد با سرمایه گذاری ۶ میلیارد ریال در قالب اختیار توسعه گسترش دهد یا جهت پس انداز ۴/۸ میلیارد ریال، ۳۰ درصد عملیات خود را در قالب اختیار تحدید محدود کند.

در خصوص هر فناوری، یک سری متغیرهای کلیدی نوسان وجود دارد که باید آنها را شناسایی و نسبت به تخمین جریان های نقدی خوش بینانه، بدبینانه و محتمل اقدام کرد. در این مورد، متغیرهای کلیدی نوسانات برای فناوری مورد بررسی با توجه به نظر خبرگان، سرمایه گذار و صاحب فناوری تعیین و بر این اساس جریان نقدی در سه حالت خوش بینانه، محتمل و بدبینانه تخمین زده شده اند. حالت محتمل از محاسبه متوسط دو حالت خوش بینانه و بدبینانه به دست می آید و در فرآیند تعیین مقادیر متغیرها، عمدتاً مقادیر خوش بینانه به پیشنهاد صاحب فناوری و مقادیر بدبینانه به پیشنهاد سرمایه گذار نزدیک است که در اینجا، خبرگان این حوزه، نظر نهایی تعدیلی برای دو حالت خوش بینانه و

برای دارایی های بدون ریسک در طول عمر اختیار است (احتمالات خنثی نسبت به ریسک یک مداخله کننده ریاضی است که امکان تنزیل جریان نقدی با نرخ بهره بدون ریسک را فراهم می کند):

$$p = \frac{\exp(r\delta t) - d}{u - d} \quad (A4)$$

ارزش فعلی حاصل از جریان نقد آزاد مورد انتظار مبتنی بر محاسبات روش تنزیل جریان نقد (تنزیل جریان نقدی)، ارزش دارایی پایه را نشان می دهد که در رویکرد مورد استفاده، بر اساس جریان نقدی محتمل محاسبه می شود.

ضرایب و روابط بالا برای محاسبات حرکات رو به جلو و تعیین ارزش دارایی در هر مرحله از شبکه دوجمله ای به کار می روند و برای محاسبات ارزش اختیار در حرکات برگشتی رو به عقب باید از رابطه A5 استفاده شود که بر اساس آن تصمیم به باز نگه داشتن یا اعمال اختیار در هر مرحله گرفته می شود. این ارزش در واقع میانگین وزنی ارزش های اختیار آتی بالقوه ( $C_u, C_d$ ) با استفاده از احتمالات خنثی نسبت به ریسک است که با نرخ بهره بدون ریسک تنزیل شده اند:

$$C = [pC_u + (1-p)C_d] \exp(-r\delta t) \quad (A5)$$

در حرکات برگشتی، ارزش اختیار محاسبه شده از طریق فوق با ارزش اختیارهای انتخاب در هر مرحله مقایسه و بر اساس آن نسبت به اعمال هر یک از اختیارات، تصمیم گیری می شود.

#### ۴- ارزش گذاری موردی یک فناوری با روش

##### پیشنهادی

سرمایه گذاری متمایل به مشارکت برای تجاری سازی فناوری ارائه شده توسط یک کارآفرین به منظور تولید کاشی های نانوآنتی باکتریال است. با بکارگیری فناوری مذکور و ترکیب مواد آنتی باکتریال در مقیاس نانو، امکان تولید سرامیک های آنتی باکتریال برای پوشش دیوارهای محیط های بهداشتی و پزشکی به گونه ای که باعث ایجاد خاصیت آنتی باکتریال و از بین رفتن خود به خود عوامل بیماری زا شود وجود خواهد داشت. این کارآفرین مرحله سرمایه اولیه<sup>۱</sup> و مرحله مقدماتی شروع به تأسیس<sup>۲</sup> را پشت سر گذاشته و در مرحله تجاری سازی است. با هدف ارزش گذاری فناوری مربوطه



با نرخ تنزیل ۱۵ درصد (نرخ سود بانک مرکزی) به شرح زیر محاسبه شده‌اند:

✓ ارزش خالص فعلی بدبینانه: ۲,۰۹۶,۷۳۶,۸۲۳ ریال

✓ ارزش خالص فعلی محتمل: ۲۵,۲۰۴,۴۵۴,۳۹۸ ریال

✓ ارزش خالص فعلی خوش بینانه: ۴۸,۳۱۲,۱۷۱,۹۷۴ ریال

با در نظر گرفتن ارزش خالص فعلی خوش بینانه و بدبینانه و بکارگیری رابطه A3 بر اساس روش مفروضات مدیریت، نوسانات سالانه به میزان ۳۵ درصد محاسبه شده است:

$$\sigma = (\frac{48,312,171,974}{2,096,736,823})^{-1} \ln \frac{25,204,454,398}{2,096,736,823} = 0.3507$$

با بررسی روش‌های مرسوم تعیین ریسک و نرخ تنزیل نظیر رتبه‌بندی عوامل، مدل قیمت‌گذاری دارایی‌های سرمایه‌ای<sup>۱</sup>، مدل میانگین موزون هزینه سرمایه‌ای<sup>۲</sup> و نرخ‌های ریسک استاندارد صنایع و همچنین نظرسنجی از خبرگان، روش رتبه‌بندی عوامل برای تخمین ریسک انتخاب شد. اکثر روش‌هایی که برای تعیین ریسک پروژه‌ها به کار می‌روند همه عوامل را در نظر نگرفته و عمدتاً برای تخمین ریسک پروژه‌های بزرگ کاربرد دارند. از آنجا که ریسک پروژه‌های فناورانه بالا بوده و اطلاعات بازار نیز در اختیار نمی‌باشد از روش رتبه‌بندی در دو بُعد بازار و فنی برای محاسبه نرخ ریسک و اعمال آن برای نرخ تنزیل تعدیل شده به ریسک استفاده شده است. برای هر یک از شاخص‌ها احتمال پیشامد و میزان تأثیر مشخص<sup>۳</sup> و ریسک برابر ۳۱ درصد محاسبه شده که با در نظر گرفتن ارزش خالص فعلی محتمل محاسبه شده

بدبینانه ارائه نمودند. متغیرهای کلیدی نوسان تعیین شده برای مورد این مطالعه عبارتند از:

✓ محصول جدید (امکان ورود محصول جدید و تأثیر بر بازار محصول شرکت مربوطه)

✓ سیاست‌های دولت (در حال حاضر از فروش محصولات دانش‌بنیان حمایت می‌شود و یارانه‌هایی نیز به آنها تعلق می‌گیرد اما امکان دارد این حمایت‌ها افزایش یا کاهش یابند) ✓ تورم (با توجه به نوسانات ارزی در کشور امکان افزایش تورم بسیار زیاد است)

لازم به ذکر است که برای محاسبه جریان نقدی شرکت، علاوه بر در نظر گرفتن متغیرهای کلیدی نوسان، مطالعه بازار نیز صورت گرفته است. با محاسبه میزان واردات کاشی آنتی‌باکتریال بر اساس کد صنعتی (ISIC) آن (۲۶۹۳۱۱۶۰) و مطالعه طرح‌های در دست اجرا، موارد کاربرد و تعیین بازارهای هدف بالقوه این محصول نظیر بیمارستان‌ها و مراکز درمانی (اتاق‌های عمل، فضاهای اورژانس و ...); آشپزخانه‌های صنعتی، رستوران‌ها و دیگر اماکن طبخ غذا؛ استخرهای شنا و پرورش آبزیان؛ کشتارگاه‌های دام و طیور؛ سردخانه‌های صنعتی محصولات غذایی و سرویس‌های بهداشتی اماکن عمومی نظیر مدارس، مساجد و ...، هزینه‌های تولید و سرمایه‌گذاری، میزان درآمد و همچنین جریان نقدی فناوری مذکور به شرح جدول ۱ برآورد شده است.

سپس ارزش خالص فعلی جریان‌های نقدی در سه حالت خوش بینانه، بدبینانه و محتمل، بدون در نظر گرفتن ریسک و

جدول ۱) برآورد هزینه‌های تولید و سرمایه‌گذاری، میزان درآمد و جریان‌های نقدی (اعداد به هزار ریال)

سال	سرمایه‌گذاری و هزینه سالانه			درآمد			جریان نقدی		
	بدبینانه	محتمل	خوش بینانه	بدبینانه	محتمل	خوش بینانه	بدبینانه	محتمل	خوش بینانه
۱۳۹۶	۴,۹۵۵,۵۰۰	۴,۹۵۵,۵۰۰	۴,۹۵۵,۵۰۰	-	-	-	-۴,۹۵۵,۵۰۰	-۴,۹۵۵,۵۰۰	-۴,۹۵۵,۵۰۰
۱۳۹۷	۸,۵۹۸,۹۱۹	۶,۷۵۷,۵۰۰	۴,۹۱۶,۰۸۱	۱۴,۱۹۸,۴۰۰	۱۰,۳۲۹,۳۳۶	۱۸,۰۶۷,۴۶۴	۱,۷۳۰,۴۱۷	۷,۴۴۰,۹۰۰	۱۳,۱۵۱,۳۸۳
۱۳۹۸	۱۱,۵۴۷,۰۴۷	۹,۰۷۴,۳۰۰	۶,۶۰۱,۵۵۳	۱۹,۵۸۸,۹۰۰	۱۴,۲۵۰,۹۲۵	۲۴,۹۲۶,۸۷۵	۲,۷۰۳,۸۷۸	۱۰,۵۱۴,۶۰۰	۱۸,۳۲۵,۳۲۲
۱۳۹۹	۱۲,۸۷۰,۳۲۰	۱۰,۱۱۴,۲۰۰	۷,۳۵۸,۰۸۱	۲۰,۰۷۴,۳۰۰	۱۴,۶۰۴,۰۵۳	۲۵,۵۴۴,۵۴۷	۱,۷۳۳,۷۳۴	۹,۹۶۰,۱۰۰	۱۸,۱۸۶,۴۶۶
۱۴۰۰	۱۴,۷۳۸,۹۸۶	۱۱,۵۸۲,۷۰۰	۸,۴۲۶,۴۱۴	۲۳,۰۸۸,۱۰۰	۱۶,۷۹۶,۵۹۳	۲۹,۳۷۹,۶۰۷	۲,۰۵۷,۶۰۷	۱۱,۵۰۵,۴۰۰	۲۰,۹۵۳,۱۹۳
۱۴۰۱	۱۴,۷۹۰,۶۴۹	۱۱,۶۲۳,۳۰۰	۸,۴۵۵,۹۵۱	۲۴,۴۸۱,۰۰۰	۱۷,۸۰۹,۹۲۸	۳۱,۱۵۲,۰۷۳	۳,۰۱۹,۲۷۸	۱۲,۸۵۷,۷۰۰	۲۲,۶۹۶,۱۲۲

1- Capital Asset Pricing Model

2- Weighted average cost of capital

۳- از آنجا که مسئله اصلی این تحقیق، محاسبه نرخ تنزیل نبوده به جزئیات محاسبه هم اشاره نشده است.

سپرده های یک ساله در نظر گرفته شده است):

$S_0$  برابر ۱۹/۲۴ میلیارد ریال،  $T$  معادل ۵ سال،  $\sigma$  برابر ۰/۳۵،  $r$  به میزان ۱۵٪،  $\delta_t$  برابر ۱ سال، میزان توسعه ۱/۳۵، میزان تجدید ۰/۷، مقدار ذخیره حاصل از اختیار تجدید ۴/۸ میلیارد ریال، ارزش اسقاط (فسخ) ۹/۲ میلیارد ریال و در نتیجه  $p=۰/۶۴۰$  و  $d=۰/۷۰۵$ ،  $u=۱/۴۱۹$

درخت دوجمله ای پنج مرحله ای محاسبه شده، در شکل ۲ ترسیم شده و در آن، اعداد درج شده در بالای گره ها بیانگر ارزش دارایی و اعداد پائینی بیانگر ارزش های اختیار می باشند.

در مرحله قبل، ارزش دارایی پایه (ارزش خالص فعلی تعدیل شده با ریسک) برابر ۱۹،۲۴۰،۰۴۱،۵۲۶ ریال (۱۹/۲۴ میلیارد ریال) برآورد شده است:

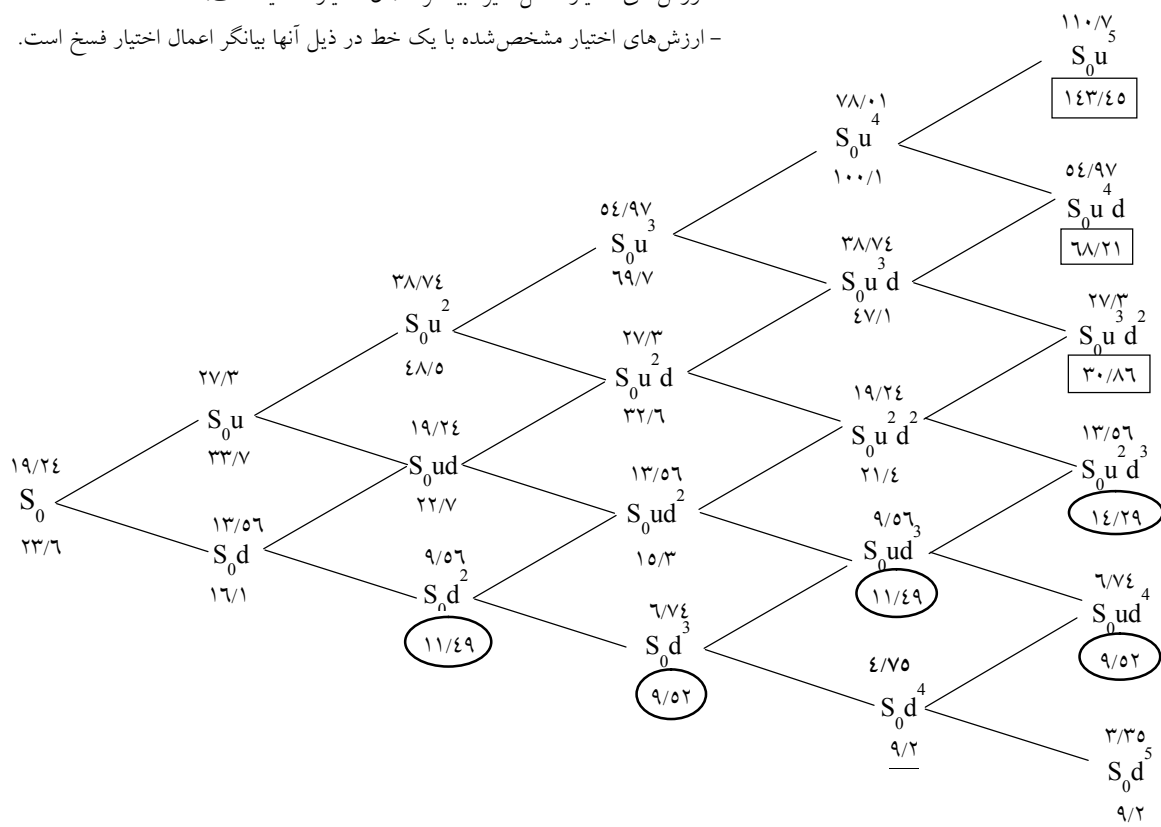
$$\text{ارزش دارایی پایه} = \frac{۲۵،۲۰۴،۴۵۴،۳۹۸}{۱+۰/۳۱} = ۱۹،۲۴۰،۰۴۱،۵۲۶$$

ارزش دارایی ها طی دوره تجاری سازی با در نظر گرفتن مقادیر ذیل برای متغیرها محاسبه شده است (نرخ بهره بدون ریسک بر اساس رقم اعلامی بانک مرکزی برای سود بانکی

- ارزش های اختیار داخل مستطیل بیانگر اعمال اختیار توسعه است.

- ارزش های اختیار داخل دایره بیانگر اعمال اختیار تجدید است.

- ارزش های اختیار مشخص شده با یک خط در ذیل آنها بیانگر اعمال اختیار فسخ است.



شکل ۲) درخت دوجمله ای ارزش اختیار انتخاب فناوری مورد بررسی (اعداد به میلیارد ریال)

▪ به منظور پس انداز ۴/۸ میلیارد ریال، سرمایه گذاری به میزان ۳۰ درصد محدود شود.

در هر گره، اقدام به استفاده از اختیاری می شود که حداکثر بازدهی را در پی داشته باشد. برای مثال در گره پایانی ( $S_0u^5$ ) که نشان دهنده آخرین گام زمانی است ارزش مورد انتظار دارایی ۱۱۰/۷ میلیارد ریال است و بنابراین محاسبه ارزش دارایی ها برای اعمال هر یک از اختیارات به صورت زیر

برای محاسبه ارزش اختیار در حرکات رو به عقب این اختیار وجود دارد که عملیات فعلی شرکت ادامه یابد و اختیار برای آینده باز نگه داشته شود و یا:

▪ فناوری مربوطه به ارزش اسقاط ۹/۲ میلیارد ریال (معادل ارزش ثبت اختراع) فسخ شود.

▪ با ۶ میلیارد ریال سرمایه گذاری، سطح فعالیت به میزان ۳۵ درصد گسترش یابد.

خواهد بود:

۴ فسخ: ۹/۲ میلیارد ریال

۴ توسعه: ۱۴۳/۴۵ میلیارد ریال  $(1/35 \times 110/7 - 6 = 143/45)$

۴ تحدید: ۸۲/۲۹ میلیارد ریال  $(0/7 \times 110/7 + 4/8 = 82/29)$

از نگاه بیشینه‌سازی، در این گره از اختیار توسعه استفاده می‌شود و بنابراین ارزش اختیار در آن ۱۴۳/۴۵ میلیارد ریال خواهد بود.

همچنین مثلاً برای گره  $S_{0u}^4$  با استفاده از رابطه A5 ارزش بالقوه اختیار را چنین به دست می‌آوریم:

$$C = \{0/64 \times 143/45 + (1 - 0/64) \times 78/21\} \exp(-0/15) = 100/1$$

و اکنون ارزش دارایی به منظور اعمال هر یک از اختیارهای در دسترس برابر است با:

□ فسخ: ۹/۲ میلیارد ریال

□ توسعه: ۹۹/۳۱ میلیارد ریال  $(1/35 \times 78/01 - 6 = 99/31)$

□ تحدید: ۵۹/۴۱ میلیارد ریال  $(0/7 \times 78/01 + 4/8 = 59/41)$

بیشینه‌سازی می‌گوید که می‌بایست اختیار در این گره باز نگه داشته شود و بنابراین ارزش اختیار در این نقطه ۱۰۰/۱ میلیارد ریال می‌باشد.

برای مورد مطالعه مدنظر این پژوهش، با توجه به ارزش افزوده بالای ایجادشده حاصل از بکارگیری ارزش اختیار واقعی<sup>۱</sup> (ROV)، تحلیل حساسیت صورت نگرفته لیکن در موارد دارای ارزش افزوده پائین، ROV که همان ارزش‌گذاری راهبردی فناوری شرکت در حالت‌های مختلف است از طریق تحلیل حساسیت متغیرهای کلیدی نوسانات محاسبه و بررسی می‌شود.

## ۵- بحث

با توجه به محاسبات انجام‌شده، ارزش اختیار واقعی (ROV) برای فناوری مربوطه در مرحله تجاری‌سازی ۲۳/۶ میلیارد ریال برآورد شده که در مقایسه با ارزش ۱۹/۲۴ میلیارد ریالی برآوردشده به روش DCF تعدیل‌شده با ریسک، یک مابه‌التفاوت قابل توجه ۴/۳۶ میلیارد ریالی را در ارزش افزوده نشان می‌دهد و این مبلغ، ارزشی است که توسط اعمال اختیارهای واقعی به ارزش فناوری مربوطه اضافه شده و

سرمایه‌گذار خطرپذیر طبعاً می‌تواند آن را در تصمیم‌گیری‌های سرمایه‌گذاری در نظر بگیرد.

در شکل ۲ ارزش‌های راهبردی نقاط مختلف عمر اختیار نشان داده شده و مدیر یا سرمایه‌گذار تصمیم‌گیر می‌تواند با تکیه بر ارزش‌های مورد انتظار دارایی، روند تجاری‌سازی را با باز نگه داشتن اختیار و یا اعمال اختیارات فسخ، توسعه و یا تحدید ادامه دهد. لازم به ذکر است که با در نظر گرفتن ارزش افزوده ۴/۳۶ میلیارد ریالی، کارآفرین حاضر به اعطاء اختیارات مذکور به سرمایه‌گذار شده و در غیر این صورت تمایلی به اعطاء اختیارات مربوطه نخواهد داشت. از سوی دیگر سرمایه‌گذار با کسب چنین اختیاراتی می‌تواند با رفع عدم قطعیت‌ها در بازار و اطلاع از دورنمای خوب بازار محصول فناورانه به توسعه فرآیند تجاری‌سازی و سرمایه‌گذاری بیشتر مبادرت نموده و یا اینکه با اطلاع از وضعیت نامناسب فروش محصولات مربوطه نسبت به کاهش یا توقف سرمایه‌گذاری خود در هر لحظه از دوره تجاری‌سازی اقدام نماید و این استدلال‌ها با محاسبات مربوط به فناوری مورد مطالعه تطبیق دارد.

از مقایسه ارزش به دست آمده به روش تحلیل اختیارات واقعی با ارزش حاصل از روش DCF و همچنین نظرسنجی از خبرگان، بکارگیری روش اخیر به دلیل پیامدهای مثبت آن پیشنهاد می‌شود:

الف) ترغیب سرمایه‌گذار به سرمایه‌گذاری در تجاری‌سازی فناوری کارآفرینان به واسطه در اختیار داشتن اختیارات فسخ، توسعه و یا تحدید در هر لحظه از فرآیند سرمایه‌گذاری و جلب اطمینان سرمایه‌گذار از رفع عدم قطعیت‌ها در مرحله تجاری‌سازی فناوری

ب) تمایل کارآفرینان برای اعطاء اختیارات مذکور به سرمایه‌گذار به دلیل عواید حاصل از ارزش‌گذاری بالاتر فناوری آنها در مقایسه با سایر روش‌های مرسوم که منجر به قدرت چانه‌زنی بالاتر کارآفرین برای واگذاری سهام کمتر در ازاء تأمین مالی مشخص از طریق سرمایه‌گذاری خطرپذیر خواهد شد.

ج) حصول مشارکت بیشتر سرمایه‌گذاران و کارآفرینان به دلیل رفع نگرانی‌های طرفین و در نتیجه توسعه تجاری‌سازی فناوری در کشور

## ۶- نتیجه گیری

سرمایه گذاری در این قبیل فناوری ها اقدام نموده و با اعمال اختیارات واقعی این حق را برای خود محفوظ دارد که نسبت به افزایش یا کاهش سرمایه گذاری خود طی دوره تجاری سازی برنامه ریزی نماید و یا حتی سرمایه گذاری را در هر زمان که بخواهد متوقف نماید. رویکرد مطرح شده در صورت بکارگیری، زمینه مشارکت سرمایه گذاران برای تأمین مالی پروژه های فناورانه کارآفرینان و در نتیجه بروز و توسعه نوآوری و فناوری را فراهم خواهد کرد.

برای ارزش گذاری فناوری کارآفرینان در کل فرآیند رشد و تأمین مالی آنها از ایده تا تجاری سازی، نیاز به در نظر گرفتن ریسک های خصوصی است که طبیعتاً نیاز به روش های دیگری برای سنجش ریسک خصوصی (فنی) دارد و برای پژوهش های آتی پیشنهاد می شود.

در این مقاله به مشکل کارآفرینان در تأمین مالی از طریق سرمایه گذاری خطرپذیر و لزوم ارزش گذاری فناوری و چگونگی اعمال انعطاف پذیری های سرمایه گذار به منظور توسعه، تحدید و یا توقف سرمایه گذاری از طریق بکارگیری اختیار انتخاب و تأثیر آن بر میزان ارزش فناوری پرداخته شده است. در تحقیقات قبلی به ارزش افزوده ایجاد شده از طریق بکارگیری "اختیار انتخاب" و اعمال انعطاف پذیری های مربوطه و تأثیر آن در ترغیب مشارکت میان سرمایه گذاران و کارآفرینان اشاره ای نشده و اعمال انعطاف پذیری ها محدود به ادامه یا توقف سرمایه گذاری در تأمین مالی مرحله ای بوده که با استفاده از اختیار ترکیبی انجام شده اند. با توجه به مرور پیشینه صورت گرفته، انتخاب رویکرد و روش مناسب ارزش گذاری فناوری در تأمین مالی خطرپذیر به گونه ای صورت گرفته که انعطاف پذیری های مدیریتی را دربر گرفته و به صورتی نظام مند به عدم قطعیت ها نیز توجه داشته باشد. در این مقاله به استناد رویکرد و روش های انتخابی و نظرات خبرگان، روش تحلیل اختیارات واقعی با بکارگیری اختیار انتخاب و بر پایه روش درخت دوجمله ای پیشنهاد شده است. روش مذکور علاوه بر اینکه امکان ارزش گذاری فناوری در مرحله تجاری سازی را فراهم می سازد در عین حال با بکارگیری اختیار انتخاب (به دلیل ویژگی های فناوری کارآفرینان و عدم قطعیت هایی که سرمایه گذار در مرحله تجاری سازی این فناوری ها با آن مواجه است) همخوان بوده و همچنین موجب بهره مندی سرمایه گذاران از مزایای رفع عدم قطعیت های پیش رو و در نتیجه ترغیب آنها به مشارکت با کارآفرینان خواهد شد.

همانطور که در مطالعه موردی ارزش گذاری فناوری تولید کاشی های نانواتمی باکتریال مشاهده شد بکارگیری تحلیل اختیارات واقعی منجر به شناسایی ارزش افزوده قابل توجهی (حدود ۴/۳۶ میلیارد ریال) در ارزش فناوری مربوطه شده که کارآفرین را به اعطاء اختیارات و اعمال انعطاف پذیری های مورد نیاز سرمایه گذار ترغیب می نماید و بنابراین محاسبات مربوط به ارزش گذاری یک فناوری واقعی، با استدلال مطرح شده منطبق بوده است. با بکارگیری رویکرد پیشنهادی، این انگیزه در سرمایه گذار ایجاد می شود که برای

## References

## منابع

- [1] Stokes, D., Wilson, N., & Wilson, N. (2010). **Small business management and entrepreneurship**. Cengage Learning EMEA.
- [2] Jensen, A., & Clausen, T. H. (2017). **Origins and emergence of exploration and exploitation capabilities in new technology-based firms**. *Technological Forecasting & Social Change*, 120, 163-175.
- [3] Phan, P. H., Siegel, D. S., & Wright, M. (2005). **Science parks and incubators: observations, synthesis and future research**. *Journal of Business Venturing*, 20, 165-182.
- [4] Motavasseli, M., Shojaei, S., Mohammadi Eliasi, GH., & Chitsazan, H. (2018). **Exploring the Institutional Challenges of Transactions between Venture Capitals – Technological Firms**. *Journal of Science & Technology Policy*, 9(4), 1-14. {In Persian}.
- [5] Cumming, D., & Dai, N. (2011). **Fund Size, Limited Attention and Valuation of Venture Capital Backed Firms**. *Journal of Empirical Finance*, 18(1), 2-15.
- [6] Ghazinoori, S. S., Rajabzadeh Ghatromi, A., & Mavaddat, P. (2014). **Designing a model for knowledge valuation For Techmarts**. *Journal of Technology Development Management*, 3(3), 45-80. {In Persian}.
- [7] Ben-Ari, G., & Vonortas, N. S. (2007). **Risk financing for knowledge-based enterprises: mechanisms and policy options**. *Science and Public Policy*, 34(7), 475-488.
- [8] Hochberg, Y. V., Ljungqvist, A., & Lu, Y. (2010). **Networking as A Barrier to Entry and the Competitive Supply of Venture Capital**. *Journal of Finance*, 65, 829-859.
- [9] Gompers, P., Kovner, A., Lerner, J., & Scharfstein, D. (2010). **Performance persistence in**

*Barriers to growth in small firms*, London: Routledge, 39-57.

[27] Storey, D. J. (1994). **Understanding the Small Business Sector**. Routledge, London.

[28] Oakey, R. (1995). **High-Technology New Firms: Variable Barriers to Growth**. Chapman & Hall, London.

[29] Sahlman, W. A., & Scherlis, D. R. (1987 Revised October 2009). **A Method for Valuing High-Risk, Long-Term Investments: The "Venture Capital Method"**. *Harvard Business School Background Note*, 288-006.

[30] Achleitner, A., & Lutz, E. (2005). **First Chicago Method: Alternative Approach to Valuing Innovative Start-Ups in the Context of Venture Capital Financing Rounds**. *Betriebswirtsch Forsch Prax*, 57(4), 333-347.

[31] Festel, G., Wuermseher, M., & Cattaneo, G. (2013). **Valuation of Early Stage High-tech Start-up Companies**. *International Journal Of Business*, 18(3), 216.

[32] Razgaitis, R. (2009). **Valuation and Dealmaking of Technology-Based Intellectual Property: Principles, Methods, and Tools**. Hoboken: John Wiley & Sons.

[33] Hunt, F., Mitchell, R., Phaal, R., & Probert, D. (2004). **Early valuation of technology: real options, hybrid models and beyond**. *Journal of The Society of Instrument and Control Engineers*, 43(10), 730-735.

[34] Kim, K. T., Lee, D. J., & Park, S. J. (2014). **Evaluation of R&D investments in wind power in Korea using real option**. *Renew Sustain Energy Rev*, 40, 335-47.

[35] Kroniger, D., & Madlener, R. (2014). **Hydrogen storage for wind parks: a real options evaluation for an optimal investment in more flexibility**. *Appl Energy*, 136, 931-46.

[36] Jeon, C., Lee, J., & Shin, J. (2015). **Optimal subsidy estimation method using system dynamics and the real option model: photovoltaic technology case**. *Appl Energy*, 142, 33-43.

[37] Weibel, S., & Madlener, R. (2015). **Cost-effective design of ring wall storage hybrid power plants: a real options analysis**. *Energy Convers Manag*, 103, 871-85.

[38] Zhang, M. M., Zhou, P., & Zhou, D. Q. (2016). **A real options model for renewable energy investment with application to solar photovoltaic power generation in China**. *Energy Economics*, 59, 213-226.

[39] Martin-Barrera, G., Zamora-Ramírez, C., & González-González, J. (2016). **Application of real options valuation for analyzing the impact of public R&D financing on renewable energy projects: A company's perspective**. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 63, 292-301.

[40] Copeland, T. E., & Antikarov, V. (2003). **Real options: a practitioner's guide**. New York: Texere.

[41] Herath, H. S., & Park, C. S. (2002). **Multi-stage capital investment opportunities as compound real options**. *The Engineering Economist*, 47(1), 1-27.

[42] Kim, K., Park, H., & Kim, H. (2017). **Real**

**entrepreneurship**. *Journal of Financial Economics*, 96, 18-32.

[10] McKaskill, T. (2009). **Raising Angel & Venture Capital Finance**. *Breakthrough Publications*, Melbourne.

[11] Zheng, Y., Liu, J., & George, G. (2010). **The dynamic impact of innovative capability and inter-firm network on firm valuation: A longitudinal study of biotechnology start-ups**. *Journal of Business Venturing*, 25, 593-609.

[12] Meyer, T. (2006). **Venture Capital in Europa-Mehr Pep für Europas Wirtschaft**. *Deutsche Bank Research*, Frankfurt.

[13] Wang, Z., & Tang, X. (2010). **Research of Investment Evaluation of Agricultural Venture Capital Project on Real Options Approach**. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 1, 449-455.

[14] Dixit, A. K., & Pindyck, R. S. (1994). **Investment under uncertainty**. Princeton University Press, Princeton, NJ.

[15] Kodukula, P., & Papudesu, C. (2006). **Project valuation using real options: a practitioner's guide**. Fort Lauderdale, Florida: J. Ross Publishing.

[16] Kamiyama, S., Sheehan, J., & Martinez, C. (2006). **Valuation and Exploitation of Intellectual Property**. *OECD Directorate for Science, Technology and Industry*, STI Working Paper 2006/5.

[17] Hanel, P. (2006). **Intellectual property rights business management practices: A survey of the literature**. *Technovation*, 26, 895-931.

[18] Smith, G., & Parr, R. (2005). **Intellectual Property**. Hoboken/N.J: Wiley.

[19] Hung Hsieh, C. (2013). **Patent value assessment and commercialization strategy**. *Technological Forecasting & Social Change*, 80, 307-319.

[20] Loop, D., & Lipfert, S. (2006). **Patentbasierte Unternehmensfinanzierung**. *Bankpraktiker* 12/2006, 594-599.

[21] Park, Y., & Park, G. (2004). **A new method for technology valuation in monetary value: procedure and application**. *Technovation*, 24(5), 387-394.

[22] Battersby, G. J., & Grimes, C. W. (2011). **Licensing Royalty Rates**. Norwalk: Aspen Publishers.

[23] Roman, V. B., LOPES, M., Marques, A., & Vidigal, P. G. (2013). **Technologies valuation methods applicable to technology transfer in brazilian universities: a review**. In *International Conference on Industrial Engineering and Operation Management*, Valladolid, Spain.

[24] Shane, S. A. (2004). **Academic entrepreneurship: University spinoffs and wealth creation**. Edward Elgar Publishing.

[25] Safari, H., & Aldaghi, A. (2014). **Developing a Model for Valuation of Biotechnological Innovations Based on Patent Ranking**. *Journal of Science & Technology Policy*, 8(2), 1-16. {In Persian}.

[26] Hall, G. (1989). **Lack of finance as a constraint on the expansion of innovatory small firms**.

[43] Chiu, Y. J., & Chen, Y. W. (2007). **Using AHP in patent valuation.** *Mathematical and Computer Modelling*, 46, 1054-1062.

**options analysis for renewable energy investment decisions in developing countries.** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 75, 918-926.



## **Technology Valuation via Real Options Analysis: Case Study of NanoAntibacterial Tiles Technology**

**Komeil Fattahi<sup>1</sup>, Ali Bonyadi Naeini<sup>2\*</sup>,  
Mohammad Ali Shafia<sup>3</sup>**

1- Ph.D Candidate in Management of Technology, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran  
2- Assistant Professor, Progress Engineering Faculty, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran  
3- Associate Professor, Industrial Engineering Faculty, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran

### **Abstract**

Technology valuation of entrepreneurs is one of the most critical challenges for financing them through the venture capital (VC) financing process. During the financing process and with the gradual identification of uncertainties, it is desirable for the investor to achieve the rights to terminate, increase or decrease the amount of his investment by exercising an option to abandon, expand, or contract. On the other hand, it is reasonable that by granting such rights to the investor, the entrepreneur requests a higher value for the relevant technology. In this paper, by reviewing the literature, and also by using the experts' opinions, real options analysis (ROA) has been proposed for technology valuation during the VC financing process. Also, unlike previous researches that have utilized the compound options, an "option to choose" is used to apply investors' flexibilities during the commercialization stage and contribute to determine the amount of value added to encourage the entrepreneur for granting the mentioned rights to the investor. Finally, by observing the results of technology valuation for one case study

through the proposed method and the attainment of a value-added about 4.36 billion rials compared with the traditional discounted cash flow (DCF) method, it became clear that the calculations of a real case are consistent with the reasoning.

**Keywords:** Technology Valuation, Real Options Analysis (ROA), Option to Choose, Venture Capital (VC)

---

\* Corresponding author: bonyadi@iust.ac.ir