

## طراحی مدل ریاضی برنامه‌ریزی پویای احتمالی مدیریت دارایی/بدهی شرکت‌های بیمه ایران

نویسندگان: دکتر علی اصغر انواری رستمی\* و حمید حبیبی\*\*

\* استادیار دانشگاه تربیت مدرس

\*\* کارشناس ارشد مدیریت صنعتی

### چکیده

هدف از این مقاله، ارائه مدل ریاضی عمومی و مناسبی جهت مدیریت بهینه دارایی‌ها و بدهی‌های شرکت‌های بیمه ایران با تأکید بر تصمیمات سرمایه‌گذاری است. مدل برنامه‌ریزی پویای احتمالی در این مقاله ارائه شده با توجه به انواع محدودیت‌های موجود، نظیر محدودیت‌های قانونی، عملیاتی و همچنین با توجه به ویژگی‌های مختلف عملیات سرمایه‌گذاری در شرکت‌های بیمه، در پی حداکثر کردن ثروت بلند مدت شرکت (ارزش فعلی خالص جریان‌های نقدی آتی منهای هزینه‌های نهایی عدم‌رعایت محدودیت‌های آرمانی مدل) است. مدل پیشنهادی برنامه‌ریزی پویای احتمالی در شرکت بیمه آسیا مورد آزمون عملی قرار گرفته و نتایج ارائه شده توسط مدل برنامه‌ریزی پویای احتمالی با نتایج مدل قطعی و با تصمیمات سرمایه‌گذاری شرکت بیمه آسیا در وضعیت کنونی آن مقایسه شده است. نتایج آزمون مدل‌ها بیانگر آن است که تصمیمات سرمایه‌گذاری پیشنهادی ارائه شده توسط مدل برنامه‌ریزی پویای احتمالی نه تنها با نتایج مدل برنامه‌ریزی پویای قطعی بسیار متفاوت و برتر از آن است، بلکه با تصمیمات کنونی سرمایه‌گذاری در شرکت بیمه آسیا نیز تفاوتی بسیار داشته، از برتری چشمگیری نسبت به آن برخوردار است.

واژه‌های کلیدی: برنامه‌ریزی پویای احتمالی، مدیریت دارایی/بدهی، مدیریت پرتفوی سرمایه‌گذاری، سناریوسازی

دوماهنامه علمی - پژوهشی

دانشگاه شاهد

سال یازدهم - دوره جدید

شماره ۵

تیر ۱۳۸۳

### ۱. مقدمه

شرکت‌های بیمه از حوزه‌های اساسی اقتصاد جوامع کنونی، بخصوص در کشورهای در حال توسعه به‌شمار می‌آیند. در سیستم‌های اقتصادی نوین، شرکت‌های بیمه به‌عنوان عامل توزیع ریسک در زمینه‌های مختلف، از نقشی بسیار حیاتی و اجتناب ناپذیر برخوردارند. تصمیمات کلان شرکت‌های بیمه در دو حوزه عملیات

بیمه‌ای و عملیات سرمایه‌گذاری اتخاذ می‌گردد. به دلیل عدم وجود بازار رقابت کامل، مکانیزم بازار قادر به تخصیص بهینه منابع مازاد موجود و قابل سرمایه‌گذاری شرکت‌های بیمه نیست. بنابراین، برای تخصیص بهینه این منابع، مدلسازی تصمیمات تخصیص، ضروری است، به نحوی که بتوان نرخ بازده سرمایه‌گذاری را حداکثر کرد. در محیط تجاری متغیر کنونی، برنامه‌ریزی

بخش بعدی (دوم) مقاله حاوی مروری است بر ادبیات موضوع و بخش سوم مقاله به طراحی مدل برنامه‌ریزی پویای احتمالی مدیریت دارایی/بدهی پرداخته است. بخش چهارم مقاله به تشریح نتایج حل مدل پیشنهادی با داده‌های واقعی فصلی شرکت بیمه آسیا طی سال‌های ۱۳۸۰-۱۳۷۰ پرداخته و سرانجام بخش پنجم به نتیجه‌گیری اختصاص یافته است.

## ۲. مروری اجمالی بر ادبیات موضوع

مدیریت دارایی/بدهی به فرایندهای ارزیابی و کنترل ریسک‌های شرکت جهت نیل به اهداف مالی طرح‌ریزی شده اطلاق می‌گردد [۱]. این فرایند شامل فعالیت‌های برنامه‌ریزی، هدایت و کنترل جریان‌ها، سطوح و ترکیب وجوه کسب شده و همچنین هزینه‌ها و درآمدهای شرکت بوده، با فرایند کنترل ریسک‌های مالی و نیل به اهداف مالی درآمیخته است. این رویکرد، با توجه به بدهی‌ها و جریان دریافتی‌ها و پرداختی‌ها، اقدام به طرح‌ریزی ترکیب مناسب دارایی‌ها به نحوی می‌کند که اهداف شرکت حاصل و ریسک‌های مختلف حداقل گردد. ایده اساسی در سیستم‌های مدیریت دارایی/بدهی شرکت‌های بیمه، اتخاذ تصمیمات سرمایه‌گذاری مرحله‌ای مناسب است که با وجوه نقد مورد نیاز جهت پوشش تعهدات شرکت مطابق و متناسب باشد [۲]. در وضعیت کنونی، افزایش تغییرات در ابعاد مختلف امور مالی، به‌کارگیری رویکردهای جامع و تجمیعی در برنامه‌ریزی و تجزیه و تحلیل‌های گسترده مالی را ضروری کرده است [۳].

فاصله زمانی میان دریافت حق بیمه و پرداخت خسارات در شرکت‌های بیمه، منابع مالی بلااستفاده و مازاد بسیاری را در اختیار آن‌ها قرار می‌دهد. به این جهت، بیمه‌گر ملزم است با بهره‌برداری شایسته از این منابع، از کاهش ارزش سرمایه جلوگیری کرده، پشتوانه‌های لازم برای عمل به تعهدات خود را فراهم سازد. به بیان دیگر، شرکت‌های بیمه از طریق جمع‌آوری سرمایه‌های خرد و پراکنده در سطح جامعه،

تخصیص منابع برای ایجاد هماهنگی بهینه میان منابع داخلی و فرصت‌های موجود امری مهم به شمار می‌آید. شرکت‌های بیمه از طریق انعقاد قراردادهای بیمه، در ازای پوشش بیمه‌ای خطرهای بیمه‌گذاران، حق بیمه‌هایی را از آن‌ها دریافت می‌کنند. این شرکت‌ها در زمان بروز خسارات، مبالغی را طبق قراردادهای منعقد به بیمه‌گذاران می‌پردازند. علاوه بر این مبالغ، شرکت‌های بیمه وجوهی را نیز به‌عنوان هزینه بیمه به کارگزاران بیمه و مبالغی را نیز به بیمه‌گران اتکایی جهت پوشش خطرهای خود (طبق قوانین حاکم بر شرکت‌های بیمه) پرداخت می‌کنند. شرکت‌های بیمه با توجه به جریان‌های ورودی و خروجی، بدهی‌ها و تعهدات موجود و بالقوه شرکت و قوانین و مقررات قادرند تا منابع قابل سرمایه‌گذاری کردن خود را در هر دوره در ابتدای هر دوره تعیین و سرمایه‌گذاری کنند. سؤال اساسی این است که شرکت‌های بیمه در ابتدای هر دوره برنامه‌ریزی، چگونه باید در مورد سرمایه‌گذاری میان مدت خود در گروه‌های مختلف تصمیم بگیرند تا از یک سو از نقدینگی لازم برای پرداخت بدهی‌های خود برخوردار باشند و از سوی دیگر، اهداف درآمدی شرکت و محدودیت‌های حاکم بر فعالیت‌های آن تحقق یابد.

هدف اصلی این مقاله، پاسخگویی به سؤال اساسی فوق از طریق طراحی و آزمون مدل برنامه‌ریزی پویای احتمالی مدیریت بهینه دارایی/بدهی در شرکت‌های بیمه ایران است. مهم‌ترین ابعاد مورد توجه در مدل پیشنهادی عبارتند از اهداف متعدد و متضاد، امکان سرمایه‌گذاری در انواع مختلف دارایی‌ها، روابط ساختاری میان صورت‌های مالی شرکت‌های بیمه، قوانین و مقررات موجود در سطح کلان عملیات بیمه‌ای و سرمایه‌گذاری شرکت‌های بیمه، اندازه‌گیری و کنترل ریسک‌های مختلف شرکت‌های بیمه، شناسایی و به‌کارگیری ضرایب احتمالی مؤثر در سرمایه‌گذاری شرکت‌های بیمه و شناسایی و طرح‌ریزی جریان‌های نقدینگی شرکت (ورودی و خروجی وجوه نقد).

متعدد و متضاد مالی و سرمایه‌گذاری در شرکت‌های بیمه و نیز گستردگی ابعاد مختلف فرایند سرمایه‌گذاری در آن‌ها، از میان مدل‌های مختلف ریاضی بهینه‌سازی تخصیص (شبه‌سازی، برنامه‌ریزی خطی، مدل حداقل واریانس مارکوتیز، برنامه‌ریزی پویای احتمالی و...) مدل برنامه‌ریزی پویای احتمالی مناسب تشخیص داده شده و مورد طراحی و آزمون عملی قرار گرفته است [۱۱ و ۱۲].

براساس بررسی‌ها و تجزیه و تحلیل‌های به‌عمل آمده در خصوص ابعاد مالی و فرایند سرمایه‌گذاری شرکت‌های بیمه و بررسی ادبیات مرتبط با مدل‌سازی، مدل‌های مفهومی متعددی جهت سرمایه‌گذاری در این شرکت‌ها طراحی شده است [۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷ و ۱۸].

با توجه به ویژگی پویایی و احتمالی بودن ماهیت فعالیت شرکت‌های بیمه، مدل پیشنهادی مناسب در این مقاله، مدل ریاضی برنامه‌ریزی پویای احتمالی است. براساس این مدل، ابتدا مهم‌ترین پارامترهای درونزا و برونزا و همچنین متغیرهای تصمیم‌گیری شناسایی شده‌اند. با سناریوسازی متغیرهای برونزا - بر پایه مدل‌سازی‌های انجام شده برای پیش‌بینی بازار - ابعاد جریان‌ات نقدی شناسایی شده، سیاست‌های سرمایه‌گذاری و سیاست‌های مرتبط با سایر بخش‌های شرکت‌های بیمه استخراج گردیده و مهم‌ترین ورودی‌های مدل ریاضی برنامه‌ریزی پویای احتمالی فراهم شده است. پس از طراحی ابعاد اساسی مدل مدیریت دارایی/بدهی، مدل براساس داده‌های ورودی حل و نتایج آن به تصمیم‌گیرندگان شرکت بازخورد داده شده است. در تدوین مدل ریاضی مدیریت دارایی/بدهی، تصمیمات، پارامترها و متغیرهای مدل به‌دو بخش عملیات بیمه‌ای و عملیات سرمایه‌گذاری تقسیم شده و مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته‌اند.

### ۳. طراحی مدل ریاضی برنامه‌ریزی پویای احتمالی

این بخش از مقاله به تشریح نحوه طراحی تبیین اجزای اصلی مدل ریاضی برنامه‌ریزی پویای احتمالی مدیریت دارایی/بدهی شرکت بیمه ایران می‌پردازد. به

به‌منظور ایفای تعهدات بیمه‌ای، ذخائری را در حساب‌های خود نگهداری می‌کنند. این ذخایر امکان سرمایه‌گذاری را برای شرکت‌های بیمه فراهم می‌کند. به این دلیل است که صنعت بیمه هر کشور از توانی بالقوه برای مشارکت در سرمایه‌گذاری‌های کلان برخوردار است [۴ و ۵].

ذخیره‌های فنی، سرمایه شرکت و اندوخته‌های قانونی، مهم‌ترین منابع مالی در اختیار صنعت بیمه برای سرمایه‌گذاری هستند. به‌عنوان مثال، در ایران به‌دلیل حجم اندک سرمایه شرکت‌های بیمه در برابر ذخایر فنی می‌توان ادعا کرد که مهم‌ترین منبع قابل سرمایه‌گذاری در آن‌ها، ذخایر فنی است. مطالعات، بررسی‌ها و مقایسات ترکیب درآمدی شرکت‌های بیمه‌ایرانی و خارجی نشان می‌دهد که اهمیت فعالیت‌های سرمایه‌گذاری نسبت به فعالیت‌های بیمه‌ای در شرکت‌های خارجی از شرکت‌های بیمه‌ای ایران بسیار بالاتر است. به‌عنوان مثال، درآمد‌های عملیاتی و سرمایه‌گذاری در شرکت‌های بیمه ایرانی به ترتیب ۸/۸۵ و ۲/۱۴ درصد و در شرکت بیمه A.G.F به ترتیب ۸/۵۳ و ۲/۴۶ درصد است [۵].

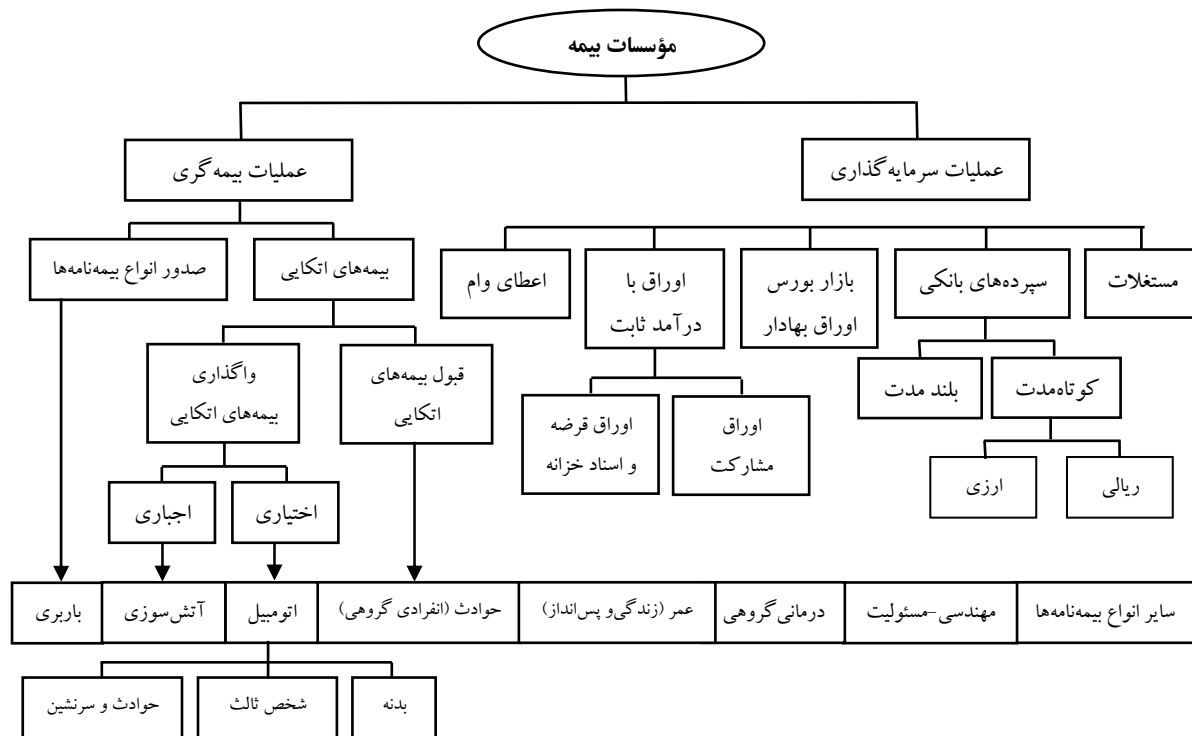
مشاهده میانگین بازده شرکت‌های بورس اوراق بهادار تهران و همچنین نتایج تحقیقات مختلف، بیانگر وجود هزینه فرصت‌های از دست رفته بسیار بالا برای صنعت بیمه ایران است [۴ و ۵، ۶].

با توجه به اهمیت فراوان فرایند مدیریت سرمایه‌گذاری در مؤسسات سرمایه‌گذار و تخصیص بهینه منابع آن‌ها در بازار و همچنین با عنایت به وسعت و حجم عظیم منابع مالی در اختیار این مؤسسات، طراحی مدل‌های پیچیده و پر هزینه در آن‌ها توجیه‌پذیر است [۷ و ۸]. در میان مدل‌های مربوط به مدیریت سرمایه‌گذاری، مدل‌های ارائه شده در حوزه تحقیق در عملیات از جامع‌نگری سیستمی و وسیعی برخوردارند، به نحوی که قادرند کلیه ابعاد سرمایه‌گذاری شرکت‌های بیمه از جمله محدودیت‌های قانونی، اهداف مؤسسات بیمه و... را در تصمیمات سرمایه‌گذاری خود به خوبی منظور کنند [۹ و ۱۰]. به‌دلیل وجود اهداف

کلیدی و مهم در امر سرمایه‌گذاری به‌شمار می‌آید. بنابراین  $(x_{i,t}^+, x_{i,t}^-)$  یا مقدار وجوه نقد دریافتی حاصل از دارایی نوع  $t$ ام یا مقدار صرف شده در آن در زمان  $t$  مهم‌ترین متغیرهای تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاری، و میزان تخصیص یافته به ذخایر فنی در پایان سال مالی نیز مهم‌ترین متغیر تصمیم‌گیری بیمه‌ای به‌شمار می‌آیند. بخشی از بیمه‌نامه‌های صادره که اعتبار آن‌ها تا بخشی از سال آتی را پوشش می‌دهد ذخایر فنی نامیده می‌شوند.  $H_t^k$  بیانگر متغیر تصمیم مقدار تخصیص به ذخیره فنی بیمه‌نامه نوع  $k$ ام در زمان  $t$  است. متغیر تصمیم‌گیری میزان واگذاری به بیمه‌اتکایی،  $(b_{k,t})$ ، بیانگر کسری از خسارات متحمل شده برای بیمه‌نامه نوع  $k$ ام در زمان  $t$  است که شرکت قصد بیمه‌اتکایی آن را در زمان  $t$  دارد. با بررسی سیستم اتکایی شرکت بیمه آسیا مشخص شد که این متغیر همیشه دارای مقداری برابر با عدد یک است. بنابراین، این متغیر تصمیم‌گیری از مدل طراحی شده برای شرکت بیمه آسیا خارج گردید. مهم‌ترین پارامترهای درونزای مدل

واسطه تشابه ساختار مالی و مکانیزم‌های عملکرد سرمایه‌گذاری و قوانین و مقررات حاکم بر شرکت‌های بیمه ایرانی، شرکت بیمه آسیا به‌عنوان مطالعه موردی برگزیده شد. قلمرو مکانی تحقیق شامل شرکت بیمه آسیا، و قلمرو زمانی تحقیق، داده‌های تاریخی فصلی سال‌های ۱۳۸۰-۱۳۷۰ است. ورودی‌ها و خروجی‌های اصلی مدل، شامل در آمد حاصل از بیمه‌گذاران و سرمایه‌گذاری منابع مالی در بازارهای سرمایه، خسارات پرداختی بیمه‌اتکایی، هزینه‌های انجام معاملات، هزینه‌های عملیات بیمه‌ای و مالیات است. شکل ۱ حوزه‌های مختلف تصمیم‌گیری در شرکت‌های بیمه را نشان می‌دهد.

پس از تحلیل سیستم‌های مالی مورد استفاده در شرکت‌های بیمه، متغیرهای تصمیم، محدودیت‌ها و تابع هدف مدل ریاضی مدیریت دارایی/بدهی تبیین گردید. متغیرهای تصمیم شرکت‌های بیمه به دو گروه متغیرهای بیمه‌ای و متغیرهای سرمایه‌گذاری تقسیم شده‌اند. تصمیمات مربوط به تخصیص منابع قابل سرمایه‌گذاری به انواع مختلف دارایی‌ها، تصمیمی



شکل ۱ حوزه‌های مختلف تصمیم‌گیری در شرکت‌های بیمه

حالت)، متغیرهای صورت سود و زیان (متغیرهای درآمدی)، متغیرهای صورت جریان نقدینگی (متغیرهای جریان) و داده‌های استخراج شده برای مدل احتمالی شناسایی شده‌اند.

با توجه به بررسی‌های به عمل آمده، مطلوب‌ترین شکل تابع هدف در مدل‌های مدیریت دارایی/بدهی شرکت‌های بیمه، حداکثر کردن سودهای بلندمدت مورد انتظار و کسر کردن هزینه‌های جریمه مورد انتظار از آن است [۱۴ و ۲۰]، بدین منظور، ارزش فعلی شرکت را می‌توان به شرح زیر حداکثر کرد:

$$MaxQ = \sum_{s \in S} p(s) \cdot \left\{ \sum_{t \in T} \rho_t \cdot (C_t + R_t) - \sum_{h=1}^2 C_h \cdot (\beta_t \cdot Z_t^h) \right\}$$

که اجزای آن به این شرحند:

$p(s)$ : احتمال وقوع سناریوی  $s$

$\rho_t$  و  $\beta_t$ : به ترتیب نرخ تنزیل ریسکی و نرخ

تنزیل بدون ریسک در صنعت بیمه

$C_h$ : هزینه عدم رعایت محدودیت‌های عدم نقد شوندگی و کفایت سرمایه (بنابر دیدگاه مدیران)

$Z_t^h$ : ارزش ریالی عدم برآورده شدن هر یک از محدودیت‌ها

پس از تدوین متغیرهای تصمیم و تابع هدف، محدودیت‌های حاکم بر کل سیستم شرکت بیمه فرموله شده‌اند. محدودیت‌های سرمایه‌گذاری مدل عبارتند از:

محدودیت‌های تجدید نظر در ارزش پورتفوی

$$V_{i,t}^+ = V_{i,t}^- + (x_{i,t}^+ - x_{i,t}^-)$$

این محدودیت‌ها با توجه به میزان سرمایه‌گذاری جدید در نوع خاص دارایی و یا فروش مقادیر سرمایه‌گذاری شده قبلی، ارزش سرمایه‌گذاری در دارایی  $i$ ام قبل از تصمیم سرمایه‌گذاری در زمان  $t$  یا  $(V_{i,t}^-)$  را به ارزش منابع سرمایه‌گذاری شده در آن نوع از دارایی، پس از اتخاذ تصمیم سرمایه‌گذاری در زمان  $t$  یا  $(V_{i,t}^+)$  تبدیل می‌نمایند.

که براساس پارامترهای برونزای سیستم و تصمیمات اتخاذ شده تعیین شده‌اند عبارتند از:

$(C_t)$ : خالص جریان نقدی کسب شده در دوره زمانی  $[t-1, t]$

$(F_t)$ : سود انباشته در پایان سال مالی

$(R_t)$ : کل افزایش ارزش پولی کسب شده از

پورتفوی سرمایه‌گذاری در دوره زمانی  $[t-1, t]$

$(TranC_t)$ : کل هزینه‌های معاملاتی خرید یا

فروش انواع مختلف دارایی‌ها در دوره زمانی  $[t-1, t]$

$(J_t)$ : کل مالیات پرداختی در دوره زمانی

$[t-1, t]$

$(Y_t)$ : سودخالص کسب شده در پایان سال مالی  $t$

$(H_t)$ : کل ذخایر فنی در زمان  $t$

$(B_t)$ : ارزش سهام شرکت در زمان  $t$

$(G_t$  و  $G_{k,t})$ : بیمه اتکایی مربوط به بیمه نامه

نوع  $k$  و کل بیمه اتکایی در زمان  $t$

علاوه بر پارامترهایی که در داخل سیستم شکل می‌گیرند، متغیرهای کلان اقتصادی، شاخص‌های بازاری انواع مختلف دارایی‌ها و... که دارای توزیع احتمالات و تغییرات تصادفی هستند نیز بر نتایج تصمیم‌گیری (مدل) تأثیر می‌گذارند. این پارامترها، پارامترهای برونزای مدل هستند. عمده‌ترین پارامترهای برونزای مدل عبارتند از:

$(\varepsilon_{i,t})$ : بازده نقدی هر یک از انواع دارایی‌ها

$(\mu_{i,t})$ : بازده ناشی از تغییر قیمت هر یک از انواع

دارایی‌ها

$(E_t^k)$ : میزان فروش انواع بیمه نامه‌ها در دوره

زمانی  $[t, t+1]$

$(D_t^k)$ : میزان خسارات پرداختی در دوره زمانی

$[t, t+1]$

برای هر یک از متغیرهای مدل سه ویژگی اساسی قطعی یا احتمالی بودن، جریان یا حالت بودن و مربوط به دوره خاص یا تمام پریودهای برنامه‌ریزی بودن، استخراج گردید. این ویژگی‌ها براساس تحلیل صورت‌های مالی، شامل متغیرهای ترازنامه (متغیرهای

جدول ۱ میزان حداقل و حداکثر سرمایه‌گذاری در هر یک از کلاس‌های دارایی [۳۱]

$\gamma_{i,t}$	$\delta_{i,t}$	$i$	انواع دارایی‌های مختلف
1	0	1	اوراق قرضه و اسناد خزانه دولت
1	0	2	اوراق قرضه و اسناد خزانه دولت
1	0	3	وجوه نقد
0.25	0	4	اوراق مشارکت تضمین شده توسط دولت یا بانک
0.25	0	5	بازار بورس اوراق بهادار
0.1	0	6	اموال غیر منقول در محدوده شهرها
0.1	0	7	اعطای وام

محدودیت‌های عملیات بیمه‌ای مدل عبارتند از:

محدودیت‌های میزان بیمه اتکایی در زمان  $t$ :

$$G_t = \sum_{k=1}^K \lambda_k * D_{k,t}$$

این محدودیت‌ها، میزان دریافتی شرکت را از محل خسارات سهم بیمه‌گران اتکایی نشان می‌دهند.

محدودیت‌های اجتناب از عدم نقدشوندگی برای تأمین

$$D_t \leq \Psi^L . V_t^L \text{ مالی پرداخت خسارت‌ها:}$$

این محدودیت‌ها بیانگر آن است که نسبتی از ارزش نقدی هر یک از دارایی‌ها باید بزرگ‌تر از خسارات واقع شده در هر دوره باشد. در این محدودیت، برای محاسبه ارزش نقدشوندگی انواع مختلف دارایی‌ها از فرمول  $V_t^L = \sum_{i \in I} v_i^L * V_{i,t}^+ \Rightarrow \forall t \in T$  استفاده شده است. وزن نقدشوندگی هر یک از دارایی‌ها ( $v_i^L$ ) بوده و  $\Psi^L$  نیز مبتنی بر دیدگاه سرمایه‌گذاری شرکت بیمه است. معمولاً از مقدار ۱ برای نسبت  $\Psi^L$  استفاده می‌شود. با توجه به آن که این محدودیت باید به شکل آرمانی باشد، نقض این محدودیت در تابع هدف جریمه به همراه خواهد داشت. این محدودیت را به شکل زیر می‌توان در مدل وارد کرد:

$$Z_t^1 = \max\{0, D_t - \Psi^L . V_t^L\} \Rightarrow \forall t \in T$$

محدودیت‌های تغییر در ارزش دارایی نوع  $i$  ام:

$$V_{i,t}^- = V_{i,t-1}^+ * (1 + \mu_{i,t})$$

این محدودیت‌ها بیانگر تغییر در ارزش هر یک از انواع دارایی با توجه به بازده حاصل از تغییر قیمت آن دارایی هستند.

محدودیت‌های حداکثر و حداقل سرمایه‌گذاری در هر

$$\text{دوره برنامه‌ریزی: } V_{i,t}^L \leq x_{i,t}^+, x_{i,t}^- \leq V_{i,t}^H$$

در صورتی که برای میزان سرمایه‌گذاری جدید یا فروش سرمایه‌گذاری‌های به‌عمل آمده در زمان  $t$ ،  $(x_{i,t}^+, x_{i,t}^-)$ ، از لحاظ قانونی یا براساس سیاست سرمایه‌گذاری شرکت حداقل و حداکثری وضع شده باشد، این محدودیت‌ها تنظیم می‌شود.

میزان کل افزایش در ارزش انواع دارایی‌ها (بازده

$$\text{قیمتی دارایی‌ها): } R_t = \sum_{i \in I} V_{i,t}^+ . \mu_{i,t}$$

این محدودیت‌ها بیانگر میزان افزایش در ارزش کل انواع مختلف دارایی‌ها از محل بازده حاصل از تغییر قیمتی آن‌ها هستند.

محدودیت‌های محاسبه هزینه‌های معاملاتی:

$$TranC_t = \sum_{i \in I} \alpha_{it} * (x_{i,t}^+ + x_{i,t}^-) \leq t \text{ target}(TranC_t)$$

این محدودیت‌ها برای تعیین مجموع هزینه‌های معاملاتی و اعمال سیاست شرکت در این زمینه‌اند.

محدودیت‌های میزان حداقل و حداکثر سرمایه‌گذاری

$$\text{در هر یک از انواع دارایی‌ها: } \delta_{i,t} . V_t^+ \leq v_{i,t}^+ \leq \gamma_{i,t} . V_t^+$$

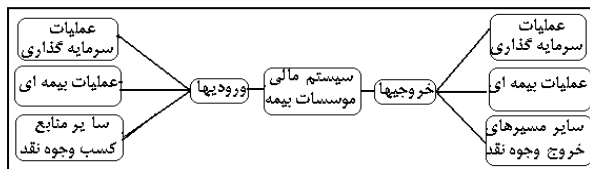
این محدودیت‌ها بیانگر حجم قانونی سرمایه‌گذاری در هر یک از انواع دارایی‌های شرکت هستند. مقادیر  $\delta_{i,t}$  و  $\gamma_{i,t}$  به‌صورت درصد در جدول ۱ ارائه گردیده است. علاوه بر حدود فوق، مجموع سرمایه‌گذاری، اوراق قرضه و اسناد خزانه دولت و وجوه نقد باید حداقل ۴۰ درصد منابع قابل سرمایه‌گذاری باشد.

$$0.4 * V_t^+ \leq V_{1,t}^+ + V_{2,t}^+ + V_{3,t}^+$$

می‌شود. متغیر تقسیم سود در دوره جاری ( $profitD_t$ ) نیز تابع سیاست‌های شرکت در این زمینه است.

**محدودیت‌های جریان وجوه در سیستم مالی بین دو نقطه زمانی تصمیم‌گیری  $[t-1, t]$**

این محدودیت‌ها، مقادیر نقدی دریافت‌ها و پرداخت‌ها در طول هر دوره را محاسبه می‌کنند. مدل‌های جریان وجوه (شکل ۲) در شرکت‌های بیمه، برای محاسبه نقل و انتقال دارایی‌ها بین حساب‌های ترانزنامه‌ای (متغیرهای حالت) در بین دوره‌ها به کار گرفته شده‌اند. به عبارت دیگر، این مدل‌ها متغیرهای ترانزنامه را از یک مرحله به مرحله بعد تبدیل می‌کنند.



شکل ۲. سیستم جریان وجوه در شرکت‌های بیمه

در حالت کلی، علاوه بر جریان نقدی حاصل از عملیات بیمه‌ای و سرمایه‌گذاری، مقادیر دیگری از وجوه نیز ممکن است در مدل جریان وجوه شرکت‌های بیمه وارد شود. همچنین در صورتی که شرکت قصد تأمین مالی از طریق استقراض را داشته باشد، وام‌های کوتاه یا بلندمدت کسب شده نیز به عنوان ورودی این گروه شناخته می‌شوند. عمده‌ترین خروجی‌های وجوه نقد متفرقه در شرکت‌های بیمه، عبارتند از: هزینه‌های اداری و پرسنلی، مالیات، پاداش سود، پرداخت سود سهام نقدی و پرداخت اقساط وام‌های دریافتی برای منظور کردن موارد مذکور در این مدل از روابط زیر بهره گرفته شده است:

$$t = 0 \Rightarrow c_0 = \sum_{j=1}^I l_0^j$$

$$t \neq 0 \Rightarrow C_t = C_t^{(1)} + C_t^{(2)}$$

$$C_t^{(1)} = F_t^{(1)} - F_t^{(2)} + \sum_{k=1}^K (H_{t-1}^k - H_t^k) + estehlac_t + Cash\ Pr\ oj_t$$

$$C_t^{(2)} = \sum_{i=1}^I (V_{i,t-1}^+ * \varepsilon_{i,t} + x_{i,t}^- - x_{i,t}^+)$$

محدودیت‌های محاسبه سود حاصل در دوره  $[t-1, t]$  براساس صورت سود و زیان شرکت بیمه ایران، سود از حاصل تفاضل مالیات پرداختی، پاداش سود به مدیران، مبالغ تخصیصی جهت تقسیم سود بین سهامداران از مجموع سودهای عملیاتی و غیر عملیاتی به شرح زیر به دست می‌آید:

$$Y_t = F_t - J_t - 0.05(F_t - F_{t-1}) - profitI_t$$

$$F_t = F_t^{(1)} - F_t^{(2)} + F_t^{(3)} - F_t^{(4)}$$

$$F_t^{(1)} = \sum_{k=1}^K (E_t^k + Re E_t^k + G_t^k + H_{t-1}^k) + karmozd^{(1)}$$

$$F_t^{(2)} = \sum_{k=1}^K (\lambda_k * E_t^k + D_{k,t} + H_t^k + Re D_t^k) + karmozd^{(2)} + OI\ cost$$

$$F_t^{(3)} = \sum_{i \in I} V_{i,t-1}^+ (\mu_{i,t} + \varepsilon_{i,t})$$

$$F_t^{(4)} = W_t + TranC_t + estehlac_t$$

$$J_{ts} = \max\{0, T_t * F_t\}$$

$F_t^{(4)}, F_t^{(3)}, F_t^{(2)}, F_t^{(1)}, F_t$  به ترتیب عبارتند از مجموع سود عملیاتی و غیر عملیاتی، درآمدهای عملیاتی، هزینه‌های عملیاتی، درآمدهای غیرعملیاتی و هزینه‌های غیرعملیاتی. همچنین  $Re E_t^k$  و  $Re D_t^k$  بیانگر مقدار حق بیمه‌های قبولی اتکایی و خسارات این نوع حق بیمه‌ها و  $karmozd^{(1)}$  و  $karmozd^{(2)}$  مقدار کارمزدهای دریافتی و پرداختی هستند.  $OI\ cost$  نیز نشانگر هزینه‌های جانبی عملیات بیمه‌ای، شامل عوارض حق بیمه آتش‌سوزی، سهم صندوق خسارات بدنی، مالیات بر مصرف، هزینه‌های اداری و پرسنلی، سایر هزینه‌های عملیات بیمه‌ای و سود سپرده اتکایی واگذاری است. این پارامتر براساس داده‌های ورودی مدل برای دوره‌های فصلی طی افق برنامه‌ریزی طرح‌ریزی شده‌اند. عوارض حق بیمه آتش‌سوزی ۳ درصد حق بیمه‌های آتش‌سوزی  $(E_t^2 * 0.03)$ ، سهم صندوق خسارات بدنی ۳ درصد حق بیمه‌های اتومبیل (شخص ثالث)،  $(E_t^5 * 0.03)$  و مالیات بر مصرف ۲ درصد مجموع حق بیمه‌های اتومبیل (بدنه، حوادث و سرنشین و شخص ثالث)،  $(E_t^3 + E_t^4 + E_t^5 * 0.02)$  را شامل

$(B_t)$  میزان مقدار سود دوره جاری در زمان  $t-1$  اضافه می‌شود.

#### محدودیت‌های مربوط ارتباط گروه‌های تصمیم‌گیری

این محدودیت‌ها غیر مقداری است و به صورت

if  $d_r^k = a_r^+ \Rightarrow x_{i,t}^+ = x_{i,t}^- \Rightarrow 0 \leq r \leq t, i \in I, t \in T$   
فرموله می‌شوند. این محدودیت‌ها بیانگر تشابه تصمیمات اتخاذ شده تا زمان  $t$  برای سناریوهایی است که تا زمان  $t-1$  دارای مسیر یکسانی بوده‌اند.

#### ۴. حل مدل و تحلیل نتایج آن

پس از ارائه اجزای کامل مدل، در این بخش از مقاله جهت تدوین برنامه سرمایه‌گذاری شرکت براساس داده‌های شرکت بیمه آسیا و داده‌های برونزای جمع‌آوری شده از خارج سیستم، مدل ریاضی مدیریت دارایی/بدهی تهیه و حل گردید و جواب‌های حاصل مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت [۱۹]. مهم‌ترین اطلاعات ورودی مدل، میزان فروش و خسارات انواع بیمه‌نامه‌ها در دوره‌های فصلی، میزان قبولی اتکایی و خسارات پرداختی برای قبولی‌های اتکایی، ترکیب فروش نقدی و اقساطی انواع بیمه‌نامه‌ها، میزان ذخایر فنی انواع بیمه‌نامه‌ها، میزان حق بیمه اتکایی اجباری و اختیاری، وزن نقدشوندگی هر دارایی، وزن ریسکی و هزینه معاملاتی هر نوع از دارایی‌ها، میزان سرمایه‌گذاری در هر یک از انواع دارایی‌ها، و کارمزدهای پرداختی و دریافتی شرکت بیمه آسیا بوده که استخراج شده‌اند.

پس از استخراج سناریو‌ها برای مدل برنامه‌ریزی پویای احتمالی و مقادیر پیش‌بینی شده پارامترهای برونزا، مدل‌های طراحی شده - براساس داده‌های ورودی و سناریوهای تدوینی برای مدل تصادفی - با استفاده از نرم‌افزار MPL/SPInE و حل‌کننده Conopt حل شدند. در این مدل‌ها، تعداد متغیرهای تصمیم ۲۴۶ و تعداد محدودیت‌ها ۲۸۳ بوده است. نتایجی را که از حل این مدل‌ها حاصل شده می‌توان به شرح جدول ۲ بیان کرد:

$C_1^{(1)}$ ،  $C_1^{(2)}$  و  $C_1$  به ترتیب، جریان نقدی حاصل از عملیات بیمه‌ای، جریان نقدی حاصل از عملیات غیربیمه‌ای و جریان نقدی کل شرکت در زمان  $t$  را نشان می‌دهند. CashProj<sub>t</sub> نیز بخشی از جریان‌های خروجی است که با استفاده از پارامترهای مختلف جریان نقدینگی و جهت تعیین دقیق نقدینگی خالص کسب شده توسط شرکت در طول دوره مورد نظر از آن بهره گرفته شده است. برای محاسبه CashProj<sub>t</sub> باید مقادیری را از سود عملیاتی شرکت بیمه کسر یا به آن اضافه کرد. این مقادیر، فروش اعتباری انواع بیمه‌نامه‌ها، افزایش (کاهش) بدهی شرکت در رابطه با بیمه‌گران اتکایی، بیمه‌گزاران و نمایندگان و کاهش (افزایش) بدهی بیمه‌گران اتکایی، بیمه‌گذاران و نمایندگان به شرکت بیمه را شامل می‌گردد. این محاسبات با توجه به طرح‌ریزی (جدول زمان‌بندی) دریافت و تصفیه مطالبات و پرداخت بدهی‌های شرکت به انجام رسیده است.

فرض سرمایه‌گذاری مجدد کلیه جریان‌های نقدی خالص

$$\text{هر یک از انواع دارایی‌ها: } C_{t-1} = \sum_{i \in I} x_{i,t}^+$$

در این مدل فرض می‌شود که تمامی جریان‌های نقدی خالص کل شرکت در دوره  $[t-1, t]$  مجدد در انواع مختلف دارایی‌ها سرمایه‌گذاری می‌شود.

محدودیت‌های کفایت سرمایه:

$$\Psi^R . V_t^R \leq (B_t + \sum_{k=1}^K (\lambda_k * E_t^k + H_t^k))$$

بنابر این محدودیت‌ها، مجموع سرمایه‌گذاری در بیمه اتکایی و ارزش شرکت در زمان  $t$  همراه با ذخایر فنی در دوره سالیانه باید بزرگ‌تر از حد کفایت نیاز شرکت به سرمایه باشد. با بیان این محدودیت‌ها به صورت آرمانی، در صورت هر گونه تخطی از این محدودیت‌ها، جریمه‌ای به تابع هدف افزوده خواهد شد.

$$B_t = B_{t-1} + Y_t \quad \text{ارزش سهام شرکت در زمان } t$$

این محدودیت‌ها به این معناست که برای به دست آوردن ارزش شرکت در زمان  $t$ ، به مقدار عددی



جدول ۲. درصد سرمایه‌گذاری در هر یک از انواع دارایی‌های شرکت

وضعیت کنونی (متوسط از سال ۷۵ تا ۸۰)	جواب‌های مدل برنامه‌ریزی پویای قطعی		جواب‌های مدل برنامه‌ریزی پویای احتمالی		انواع دارایی‌ها
	1382	1381	1382	1381	
0.4205	0.5593	0.4027	0.5563	0.4034	سپرده‌های بانکی
0.0000	0.0154	0.0537	0.0160	0.0538	اوراق مشارکت
0.0542	0.2195	0.2390	0.2233	0.2454	سهام شرکت‌ها
0.0000	0.0191	0.0351	0.0193	0.0348	مستغلات
0.2075	0.0917	0.0893	0.0911	0.0875	اعطای وام
0.0361	0.0162	0.0194	0.0169	0.0199	اوراق قرضه دولتی
0.2817	0.0789	0.1609	0.0771	0.1553	وجوه نقد

احتمالی این ذخایر اندکی بیش از مقادیر حداقل ممکن قانونی تعیین شده‌اند.

۵. در برنامه‌ریزی پویای احتمالی مازاد درآمدها نسبت به هزینه‌ها در هر دوره از افق زمانی برنامه‌ریزی (فصول سال) نسبت به مدل پویای قطعی بالاتر بوده است. از سوی دیگر، در مدل پویای احتمالی، میزان تخصیص به ذخایر فنی نسبت به مدل قطعی بیش‌تر بوده است.

۶. سیاست سرمایه‌گذاری پیشنهادی هر دو مدل پویای احتمالی و پویای قطعی کاملاً متفاوت از وضعیت فعلی سرمایه‌گذاری شرکت بیمه آسیا است. با توجه به نتایج بیان شده، درصد بالاتری از منابع سرمایه‌گذاری شده صرف سهام شرکت‌ها شده و میزان کم‌تری در وجوه نقد و اعطای وام، سرمایه‌گذاری شده است. این موضوع با توجه به قابلیت نقد شونده‌گی و سود حاصل از سرمایه‌گذاری در هر یک از انواع دارایی‌ها از توجیه منطقی کاملی برخوردار بوده است.

## ۵. نتیجه‌گیری

بسیاری از مسائل مدیریتی، از جمله مسائل مرتبط با مدیریت دارایی/بدهی در شرکت‌های بیمه، از ویژگی‌های عدم قطعیت و پیچیدگی برخوردارند. در این مقاله، با توجه به دو مشخصه پویایی و احتمالی بودن ماهیت فعالیت‌های شرکت‌های بیمه، مدل ریاضی

پس از تحلیل داده‌ها، نتایج زیر به دست آمده است:

۱. با به‌کارگیری مدل پویای احتمالی، بهبود ۳ درصدی در اندازه تابع هدف نسبت به مدل پویای قطعی حاصل شده است. مقدار تابع هدف مدل‌های پویای قطعی و احتمالی به ترتیب ۴۶۰۰۴۴۲،۴۶ و ۴۷۳۸۸۵۵،۷۳۴ بوده است. البته باید توجه کرد که این اختلاف در شرایط برابر و داده‌های یکسان برای دو مدل حاصل شده است.

۲. مدل برنامه‌ریزی پویای قطعی، نگهداری وجوه نقد برای پاسخگویی به پرداخت خسارات را در حداقل ممکن تعیین شده (۸۰۰۰۰) برای تمام فصول در طی افق برنامه‌ریزی پیشنهاد کرده است. در مدل برنامه‌ریزی احتمالی، این مقادیر در فصول ۱ و ۳ سال ۱۳۸۱ و ۱ سال ۱۳۸۲ به ترتیب ۸۵۰۰، ۸۹۰۰ و ۹۵۰۰ و در سایر فصول افق برنامه‌ریزی در حداقل ممکن خود بوده است. تمامی این مقادیر پائین‌تر از میزان متوسط نگهداری وجه نقد در وضعیت کنونی شرکت بوده‌اند.

۳. با توجه به سیاست سرمایه‌گذاری، ضرایب نقدشوندگی و ریسکی دارایی‌ها، نسبت نقدینگی و نسبت کفایت سرمایه مورد نظر، در هیچ یک از مدل‌ها نقض نشده و هزینه جریمه‌ای نیز برای آن‌ها در تابع هدف منظور نشده است.

۴. در مدل پویای قطعی، ذخایر فنی در حداقل مقدار قانونی آن تعیین شده، ولی در مدل پویای

۴. ثبات، غلامعلی (۱۳۷۴) «نقش صنعت بیمه در بازار سرمایه (ارزیابی مدیریت منابع و دارایی‌ها در دوره ۱۳۶۱-۷۲)»، دانشکده اقتصاد دانشگاه تهران.
۵. سردبیر (۱۳۷۷) «مطالعه تأثیر صنعت بیمه بر فعالیت‌های اقتصادی ایران»، فصلنامه صنعت بیمه، شماره ۵۲، صص ۵۸-۷۳، تهران.
۶. سردبیر (۱۳۸۰) «سرمایه‌گذاری شرکت‌های بیمه»، فصلنامه بیمه آسیا، صص ۱-۱۵.
۷. حسین‌نیا، بتول (۱۳۷۶) «اهمیت سرمایه‌گذاری شرکت‌های بیمه»، فصلنامه صنعت بیمه، شماره ۴۹، زمستان ۱۳۷۶، تهران.
8. Mulvey M. J., Rosenbaum P. D. and Shetty. B. (1999) "Parameter Estimation in Stochastic Scenario Generation Systems", *European Journal of Operations Research*, Vol. 118, pp. 563-577.
۹. شایان ارانی، شاهین (۱۳۷۴) «مهندسی مالی و مدیریت ترانزنامه مؤسسات مالی»، پنجمین کنفرانس سیاست‌های پولی و ارزی، مؤسسه تحقیقات پولی و مالی.
۱۰. شایان ارانی، شاهین (۱۳۷۶) «مهندسی مالی در بانکداری اسلامی، مدیریت ترانزنامه در بانک‌های ایران»، ششمین کنفرانس سیاست‌های پولی و ارزی، مؤسسه تحقیقات پولی و مالی.
11. Carino, D., Ziemba T. W., Sylvanus. M. and Myers D. (1994) "The Russel-Yasuda Kasai Model: An Asset/Liability Model for a Japanese Insurance Company Using Multistage Stochastic Programming", *Interface*, Vol. 24.
12. Carino D., Myers D. and Ziemba T. W. (1998) "Concept, Technical Issues and Uses of the Russell-Yasuda Kasai Financial Planning Model", *Operations Research*, Vol. 46 (4), pp 450-462.
۱۳. ساسان نژاد، امیر هوشنگ (۱۳۷۹) «مجموعه قوانین کامل بیمه»، چاپ اول، انتشارات فردوسی، تهران.
۱۴. وی دبلیو.اس ویلیام (۱۳۷۶) «تحلیل سری‌های زمانی: روش‌های یک متغیری و چند متغیری»، ترجمه نیرومند. حسینعلی، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، چاپ اول.
15. Carino, D. and Ziemba T. W. (1998) "Formulation of the Russell-Yasuda Kasai Financial Planning Model", *Operations Research*, Vol. 46 (4), pp. 433-449.
16. Gaivoronski A A., Hoyland K. and Lange d. E. P. (2000) "Statutory Regulation of Casualty Insurance Companies: An Example from Norway with Stochastic Programming Analysis", *Stochastic Optimization: Algorithms and Applications*, pp.53-83, Kluwer Academic Publishers.
17. Hoyland K. and Wallace W. S. (2001) "Generating Scenario Trees For Multistage Decision Problems", *Management Science*, Vol, 47 (2), pp. 295-307.
18. Kouwenberg R. and Zenios A. S. (2001) "Stochastic Programming Models for Asset/Liability Management", Working Paper 01-01, Hermes Center of Excellence on Computational Finance & Economics, University of Cyprus.
19. Valente P., Mitra G., Poogari A. C. and Kyriakis T. (2001) "Software Tools for Stochastic Programming: A Stochastic Programming Integrated Environment (SPInE)", Department Of Mathematical Sciences, Brunel University, UK.

برنامه‌ریزی پویای احتمالی خاصی به منظور اعمال مدیریت بهینه بر دارایی‌ها و بدهی‌ها در آن‌ها طراحی و پیشنهاد گردیده است. مدل برنامه‌ریزی پویای احتمالی پیشنهادی به نحوی طراحی گردیده که با توجه به انواع محدودیت‌های موجود، نظیر محدودیت‌های قانونی و عملیاتی و همچنین با توجه به ویژگی‌های مختلف عملیات سرمایه‌گذاری در شرکت‌های بیمه، امکان حداکثر کردن ثروت بلند مدت شرکت‌های بیمه را فراهم سازد.

در گامی دیگر، جهت آزمون عملی و واقعی مدل پیشنهادی و همچنین به واسطه تشابه ساختار مالی و مکانیزم‌های عملکرد سرمایه‌گذاری و نیز قوانین و مقررات حاکم بر شرکت‌های بیمه ایرانی، شرکت بیمه آسیا به عنوان مطالعه موردی برگزیده و از داده‌های تاریخی فصلی سال‌های ۱۳۸۰-۱۳۷۰ آن بهره گرفته شده است.

پس از طراحی و حل مدل‌های پویای احتمالی و پویای قطعی، ابتدا نتایج مدل برنامه‌ریزی پویای احتمالی با نتایج مدل قطعی و سپس نتایج هر دو با نتایج متوسط عملکرد واقعی شرکت بیمه آسیا طی سال‌های ۱۳۸۰-۱۳۷۰ مورد مقایسه و تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج به روشنی نشان می‌دهد که جواب‌های پیشنهادی مبتنی بر هر دو نوع مدل برنامه‌ریزی پویای احتمالی و قطعی با سیاست‌های متخذ کنونی سرمایه‌گذاری در شرکت بیمه آسیا تفاوتی فراوان دارند. بررسی دقیق‌تر نتایج حاصل، برتری عملکرد مدل پویای احتمالی را بر مدل پویای قطعی و عملکرد وضع موجود شرکت به خوبی به اثبات رسانده است.

## منابع

1. Bunn W. D. and Salo A.A. (1993) "Forecasting with Scenarios", *European Journal of Operations Research*, Vol. 68, pp. 291-303.
2. Mulvey J., Rosenbaum P.D. and Shetty B. (1997) "Strategic Financial Risk Management and Operation Research", *European Journal of Operations Research*, Vol. 97, pp. 1-16.
3. Bitner W. J. and Goddard A.R. (1992) "Successful Bank Asset/Liability Management", John Wiley & Sons Publishers, U.S.A.

