



Doctoral Thesis

Models and dynamic optimisation for the asset and liability management of pension funds

Author(s):

Dondi, Gabriel Arnon

Publication Date:

2005

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-005066762> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH No. 16257

Models and Dynamic Optimisation for the Asset and Liability Management of Pension Funds

A dissertation submitted to the

SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY

ZURICH

for the degree of

Doctor of Sciences ETH

presented by

Gabriel Arnon Dondi

Dipl. Masch.-Ing. ETH

born May 10, 1976

citizen of Endingen, AG

accepted on the recommendation of

Prof. Dr. H. P. Geering, examiner

Prof. Dr. W. T. Ziemba, co-examiner

Prof. Dr. M. Koller, co-examiner

2005

Abstract

In this thesis, a modelling and dynamic optimisation framework for the asset and liability management of pension funds is given. The framework consists on one hand, of a model for the pension funds' future expected cash-flows. On the other hand dynamic optimisation methods that solve the problem of optimally investing the pension fund wealth on the financial markets are given. With the obtained investment strategy the pension funds' goals should be achieved within the given financial market environment.

In order to specifically address the issues of the Swiss pension funds, the main issues and problems are analysed. It is found, that pension funds operate under a conflict of interests between young active members, retired passive members, and the management.

In order to tackle the observed problems, a cash-flow based description of the pension funds' expected future payments is developed. Payments to pensioners, active members after their retirement, and active members as they leave the pension fund before retiring are temporally sorted and their expected values found, by taking into account their probability of occurring. Two concepts for describing future expected outflows are defined: obligations and liabilities.

This leads to the so called bucket structure where payments within a given time interval are aggregated. This gives a clear indication of the structure of the pension fund which now allows for an asset management which is adjusted to the current obligations or liabilities structure.

The pension funds' assets are modelled by means of returns on the financial markets and the resulting portfolio dynamics. Stochastic models for the asset returns based on external economic factors are given, as well as models for stochastic volatilities and dynamic correlations between assets.

With the models for assets and obligations or liabilities, optimisation problems are developed that solve the problem of finding the optimal investment strategy. This is done by choosing a penalty function for aggregated non-achievement of goals, for every individual bucket, combined with a utility function for aggregated surplus of every bucket. By differently weighting the penalty and utility functions for long-term and short-term buckets, an optimisation problem is created that suitably chooses an investment strategy for every bucket.

Several case studies show the applicability of the developed asset and liability management modelling and optimisation. Investment strategies for two real pension funds and with real historical market data are found in the examples for conservative and aggressive risk-aversion factors. Furthermore, the bucket structure enables in a very simple way to manage the fusion of two pension funds and carve-out of sub-groups of pension funds. In a back-test over eight years the applicability of the method in the dynamic market environment is shown. The back-test proves superiority over pension fund related benchmarks.

Zusammenfassung

In dieser Dissertation wird ein dynamisches Modellierungs- und Optimierungs-Grundgerüst entwickelt, das für die Planung von Anlagen und Verpflichtungen von Pensionskassen gebraucht wird. Einerseits besteht dieses Grundgerüst aus einem Modell für die zukünftig erwarteten Zahlungsströme der Pensionskasse. Andererseits werden dynamische Optimierungsmethoden angewandt, welche das Problem der optimalen Anlagestrategie für das Vermögen der Pensionskasse lösen, um die Ziele der Pensionskassen unter Berücksichtigung der aktuellen Marktsituation zu erreichen.

Um die spezifischen Problemkreise der schweizerischen Pensionskassen anzugehen, wurden die Haupt-Probleme analysiert. Es wird aufgezeigt, dass die Pensionskassen einen Interessenskonflikt zwischen jungen aktiven Mitgliedern, alten Pensionären und dem Management der Pensionskasse auslösen.

Um die hieraus beobachteten Probleme anzugehen, wurde eine auf den erwarteten zukünftigen Zahlungsströmen basierende Beschreibung der Pensionskasse entwickelt. Zahlungen sowohl an Rentner, an Aktive, welche in Zukunft Rentner werden, als auch Aktive, welche die Pensionskasse frühzeitig verlassen, werden zeitlich sortiert und deren Erwartungswerte bestimmt, indem auch ihre jeweilige Eintretenswahrscheinlichkeit in Betracht gezogen wird. Zwei Konzepte werden für die Beschreibung der erwarteten zukünftigen Zahlungen definiert: "Verpflichtungen" (von englisch: obligations) und "Verbindlichkeiten" (liabilities).

Dies führt zur sogenannten "Eimer"-Struktur (bucket structure), wo sämtliche erwartete Zahlungen innerhalb eines gegebenen Zeitintervalls aggregiert werden. Damit ergibt sich eine klare Indikation über die Struktur der Pensionskasse, welche nun für die Planung von Anlagen und Verpflichtungen genutzt werden kann. Die Anlageplanung wird

damit auf die gerade auftretende Struktur von Verpflichtungen oder Verbindlichkeiten abgestimmt.

Die Anlagen der Pensionskassen werden mittels der Renditen der Finanzmärkte und der resultierenden Portfoliodynamik modelliert. Stochastische Modelle für die Anlagerenditen werden einerseits mittels externer ökonomischer Faktoren gegeben, andererseits werden Modelle für stochastische Volatilitäten und dynamische Korrelationen der verschiedenen Anlageklassen gegeben.

Mit den vorliegenden Modellen für Anlagen und Verpflichtungen (oder Verbindlichkeiten) werden Optimierungsmethoden entwickelt, welche das Problem lösen, die optimale Investitionsstrategie zu finden. Dies wird mittels der Wahl einer aggregierten Kostenfunktion für das Verfehlen eines Ziels in jedem Eimer, kombiniert mit einer aggregierten Nutzenfunktion für die Überschüsse in jedem Eimer. Indem die Kostenfunktion und Nutzenfunktion für die langfristigen und die kurzfristigen Eimer verschiedentlich gewichtet werden, wird ein Optimierungsproblem geschaffen, welches für jeden Eimer die passende Investitionsstrategie auswählt.

Verschiedene Fallstudien zeigen die Anwendbarkeit der entwickelten Modellierung und Optimierung für die Planung von Anlagen und Verpflichtungen. Für zwei echte Pensionskassen werden Anlagestrategien basierend auf realen historischen Marktdaten gefunden, jeweils für einen konservativen und einen aggressiven Risiko-Aversions-Koeffizienten. Des Weiteren ermöglicht es die Eimer-Struktur in einem sehr einfachen Verfahren die Zusammenführung zweier Pensionskassen durchzuführen oder auch Untergruppen aus einer Pensionskasse herauszutrennen. In einem historischen Test über acht Jahre Vergangenheitsdaten wird die Methode in einem dynamischen Marktumfeld angewendet, und die Überlegenheit gegenüber Referenzportfolios für Pensionskassen wird bewiesen.