

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 27 日現在

機関番号：32689

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23500289

研究課題名(和文)二段階VaR基準ファジィランダム最適化手法に基づく最適信頼性システムの構築

研究課題名(英文) Building Optimum Reliable Systems through Value-at-Risk Criterion-based Two Stage Fuzzy Random Optimization Method

研究代表者

和多田 淳三(Watada, Junzo)

早稲田大学・理工学術院・教授

研究者番号：10158610

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円、(間接経費) 1,170,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、リスクの枠組みでランダム性とあいまいさの複合的不確定性の下での複雑な意思決定問題を取り扱うために、新しい最適化モデルであるVaR基準ファジィランダム最適化モデルを構築した。VaRのシミュレーション手法として粒子群最適化(PSO)を組み込み、合成ヒューリスティックアルゴリズムをモデルの解法として提案した。提案モデルは、従来扱いが困難であった、ハイブリッドな不確定性を考慮した二段階最適化問題のリスクを扱うことを可能にし、ファジィランダム係数のVaR基準に対する近似計算可能にした。これらは、二段階VaRモデルを解く現実的なアルゴリズムを設計している点で独創的で、広範囲の応用が可能である。

研究成果の概要(英文)：In this research, to deal with complicated decision making problems from a risk framework under hybrid uncertainty consisting randomness and fuzziness, Value-at-Risk (VaR) measure-based fuzzy random optimization models are defined. In building the models, synthesized heuristic algorithms are proposed and particle swarm optimization algorithm is used in VaR simulation to solve the models. The proposed models enables us to treat risk perspective of 2 stage optimization problems and solve the problems under hybrid uncertain environment, which are hard to solve till now. Furthermore, such proposed algorithms are capable of approximate computation of VaR criterion fuzzy random coefficients. Such proposed models are uniquely built with wide applications as two stage VaR models which design and solve real world problems.

研究分野：情報学

科研費の分科・細目：ソフトコンピューティング

キーワード：Fuzzy variable Fuzzy random variable Reliability Facility location Portfolio Selection Life cycle management PSO optimization Unit commitment

1. 研究開始当初の背景

現実の問題において、リスクは種々の不確定性ととも生じる。本研究では、リスクの枠組みでランダム性とあいまいさの複合的不確定性の下での複雑な意思決定問題を取り扱うために、新しい最適化モデルを構築する。すなわち、VaR基準ファジィランダム最適化モデルである。

不確定性がリスクを発生させる大きな源の一つであることはよく知られている。主観的な判断および不正確な人の知識や認識によって得られた、ランダムに起こるデータはあいまいで確率的な不確定性を含む。結果的に、リスク管理に関係するパラメータにランダム性とファジィ性が同時に含まれることになる。このため、リスク管理において、ファジィ的なあいまいさと確率的な不確定さを含む情報を取り扱う意思決定手法が必要である。

一方で、パラメータの値を決定するために十分な過去のデータを得ることは困難である。それゆえに、専門家による経験に基づくファジィ情報を統計的なデータに組み込まなければならない。

2. 研究の目的

Kwakernaak は、1978 年に、同時にあいまいさと不確定さが現れる事象を数量的に取り扱うために、ファジィランダム変数 (Fuzzy random variables) [kwakernaak, 1978] を提案した。不確定な環境の下での意思決定モデルの枠組みを構築する基本的な手法として Kwakernaak の定式化は有効である。

一方で、リスク測度である最大損失を示すバリュアットリスク (Value-at-Risk (VaR)) [Jorion, 2000] は、広く受け入れられており産業界やマーケット評価で多く利用されている。日本では我々以外に石井らや坂和ら、等がファジィランダム変数の研究を行っている。

本研究では、第 1 に、ランダム性とファジィ性を併せもつ不確定な状況の下での最適化問題のリスクを扱うために、ファジィランダム変数と VaR 意思決定基準をモデルの解法に組み込み、リスク管理の動的意思決定モデルの新たな枠組みを構築した。すなわち 2 段階 VaR 基準ファジィランダム最適化手法 (Two-stage VaR-FRP) を構築する。

一方で、単純な探索エージェントの集まりを用いた進化計算技術である粒子群最適化 (Particle Swarm Optimization (PSO)) [Kennedy & Eberhart, 1995, 2001] は複雑な最適問題を解くために広く用いられてきた。本研究では、第 2 に、多目的非線形最適問題を解く方法として、PSO に基づくハイブリッド解法アルゴリズムを提案し、最後に、最適信頼性システムの構築を行った。

3. 研究の方法

本研究では、3 年間で (1) モデル構築、(2) ファジィランダム変数での VaR 評価基準の計算方法の確立、(3) 2 段階最適化モデルの解放と高速計算の実現、(4) 解析結果の感度解析による手法の評価、(5) 最適信頼性システム構築、の順序で研究を行ってきた。基本的な枠組みはすでに関連研究で成果を上げているので、これらの成果を複合的に用いることで実現した。

当初の計画が実現できない時には、これらの VaR 評価基準による最適信頼性システムから我々が既に構築しているメタボルツマンマシンによる平均分散法を用いた、最適信頼性システムの構築に切り替えることも視野に入れて研究した。この方法自体の最適解への収束性等を既に証明しており、基本的な枠組みは構築されている。最適信頼性システムの各部分の評価に平均分散分析法を用いるものであり、80% 最適信頼性システム構築の枠組みは完了しており代替できると考えた。

[1] 研究方法の要旨

本研究では (1) モデル構築、(2) VaR 計算、(3) 解法と高速計算、(4) 感度解析、(5) 応用、の 5 段階のステップで研究を実施した。

□ モデル構築

本研究ではモデルの目的関数として VaR 意思決定基準を用いた。最初に設備配置の決定を入力値として VaR を計算するために、ファジィランダム係数のベクトルを出力値として 2 段階線形計画問題を解いた。

□ VaR 計算

Step 1. 離散変数を用いるために、離散化過程を用いて連続値のファジィランダムベクトルを近似した。

Step 2. 各離散化出力に対してシンプレックス法による 2 段階線形計画法を解いた。

Step 3. 第 2 ステップで得られた各 2 段階計画法の目的値を用いて VaR を計算するためのファジィランダムシミュレーション法を設計した。(Steps 1-3 を VaR のための近似法と呼ぶ)。

VaR の計算のために近似法の収束性を保証するために収束定理を証明した。

□ 解法と高速計算

2 段階 VaR-FRP を解くための混合アルゴリズムに PSO アルゴリズムを組み込んだ。

□ 最適信頼性システムの構築

VaR を最小化するように目的関数を定義して、ハイブリッドな不確定情報の下での生産計画問題を研究するために提案の 2 段階 VaR-FRP モデルを電力ユニットコミットメント、設備配置問題、および分散投資問題などの応用領域に適用した。

(1) 平成 23 年度の研究

VaR 意思決定基準の 2 段階ファジィランダム最適化手法 (VaR-FRP) を構築し、モデルの特徴を検討した。さらに、ファジィランダム VaR に近似アルゴリズムを提案した。

(2) 平成 24 年度の研究

23 年度の研究結果に基づき、2 段階 VaR-FRP モデルのための合成手法を設計した。提案の合成機構で、シンプレックスアルゴリズムを用いて 2 段階最適化問題を解き、近似アルゴリズムを用いてファジィランダム VaR の値を推定し、粒子群最適化アルゴリズムを用いて近似最適解を探索に成功した。そのあと、混合アルゴリズムにニューラルネットワークベースの解法の高速度化を検討した。

(2) 平成 25 年度の研究

電力ユニットコミットメントおよび設備配置問題および証券投資問題に関する、企業の現実のデータを用いて、2 段階 VaR - FRP の提案モデルを生産計画問題に適用する。最後に、分析結果を検討・応用した。

4. 研究成果

(1) このモデルを用いて 2 ステージファジィリティ配置問題を解くことに成功した。[A01]

(2) さらに、VaR 評価基準のもとでのファジィ数値が与えられた時のポートフォリオ問題を解くことに成功した。[A02]

(3) また、ファジィランダムデータの評価手法として、統計的検定手法を導入するための研究を行った。この結果、ファジィ確率の評価手法を提案した。[A03]

(4) 上記の方法を電力の信頼性がファジィ値で与えられる場合のユニットコミットメントの問題を VaR 評価基準のもとで PSO を用いて解く方法を提案した。[A04]

(5) PSO による最適化を改善する方法を提案した。[A05] [A06]

(6) 確率信頼性の問題についても検討を行い、電力システムの確率的な信頼性評価を提案した。[A07]

(7) ポートフォリオ手法に基づいて、トラフィックシステムの信頼性を高めるための信号の維持管理に本手法を応用した。[A08][A09][A10][A11][A12][A13][A14][A15]

(8) 第 2 年度(2012 年度)には、1 年目の成果をもとに、混合型 PSO の手法を提案し、VaR 評価基準のもとでファジィランダムな不確実性を考慮して設備配置の決定問題を解く方法を提案した。[B01][B02][B03] [B04]

(9) 多目的最適化を解くために、理想解からの距離を導入して問題解決法を探ること

によりよい解を得る方法を提案した。

(10) 第 3 年目の本年度は、研究のまとめ時期である。以上の成果をもとに、最終的な成果を次のようにあげることができた。ただ、感度解析のところまで実施ができなかったが、当初の目的を達成することができた。

(11) ファジィポートフォリオ選択問題の新しい多目的 PSO を用いて分析することに成功した。[C01]

(12) さらに、ファジィ 2 ランダム変数を導入することで、ファジィポートフォリオ問題を解くことに成功した。[C02]

(13) ファジィ統計的検定に基づいて、上記問題の検定を実現した。[C03] [C04]

さらにこれらの成果を Monogram として出版した[D01][D02]。また、これらの成果を、近くまとめて John Wisley から Monogram として出版する計画を立てている。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 23 件)

〔学会発表〕(計 40 件)

〔図書〕(計 2 件)

〔2011 年雑誌論文〕

[A01] Shuming WANG, Junzo WATADA, Capacitated Two-Stage Facility Location Problem with Fuzzy Costs and Demands, International Journal of Machine Learning and Cybernetics (IJMLC), Vol. 6, issue 1, pp.65-74, 2012, Springer, ISSN: 1868-8071.

[A02] Bo Wang, Shuming Wang, Junzo Watada, Fuzzy-Portfolio-Selection Models With Value-at-Risk, IEEE Trans. Fuzzy Systems, vol.19, no.4, pp.758-769. Aug. 2011., 19, 4, 758-769, 0, 2.695, ISSN: 1063-6706.

[A03] Peichun Lin, Junzo Watada and Berlin Wu, A Database for a New Fuzzy Probability Distribution Function and Its Application, International Journal of Innovative Management, Information & Production (IMIP), Volume 2, Number 2, pp. 1-7 (June 2011), 2, 2, 1-7, 6.

[A04] Bo Wang, You Li, Junzo Watada, Re-Scheduling of Unit Commitment Based on Customers' Fuzzy Requirements for Power Reliability, IEICE Transactions D, vol.

94-D, no.7, pp.1378-1385, July 2011, 94-D, 7, 1378-1385, 0, ISSN : 1745-1361.

[A05] Shamshul Bahar Yaakob and Junzo WATADA, Improving Particle Swarm Optimization Convergence with Spread and Momentum Factors, JCSSES.

[A06] Shamshul Bahar Yaakob, Junzo Watada, John Fulcher, Structural learning of the Boltzmann machine and its application to life cycle management, Neurocomputing, vol.74, no.12-13, pp.2193-2200, June 2011., 74, 12,13, 2193-2200, IF= 1.429, ISSN 0925-2312.

[A07] Jeongje Park, Taegon Oh, Kyeonghee Cho, Jaeseok Choi and Junzo WATADA, Probabilistic Reliability Evaluation of Interconnecting Power Systems Including Wind Turbine Generators, IJICIC, Vol. 8, No.8, pp. 5797-5808, 2012.8, 2.791, ISSN 1349-4198.

[A08] Shamshul BAHAR YAAKOB and Junzo WATADA, A Reliability Enhancement for A Traffic Signal Lights System Through A Mean-variance Approach, IJICIC, Vol.8, No.8, pp. 5835-5845, 2012.8, 2.791, ISSN 1349-4198.

[A09] Shamshul BAHAR YAAKOB and Junzo WATADA, A hybrid particle swarm optimization approach and its application to solving portfolio selection problems, JACIII, Vol.15, No.4, pp. 465-472, 2011.6, ISSN : 1343-0130.

[A10] 2011 J Pei-Chun Lin, Junzo WATADA and Berlin Wu, Fuzzy Portfolio Selection Model with Interval Values Based on Probability Distribution Functions, IJICIC, Vol.8, No.8, pp. 5935-5944, 2012.8, 0, 2.791, ISSN 1349-4198.

[A11] Mohd Ibrahim Shapiai, Zuwairie Ibrahim, Marzuki Khalid, Lee Wen Jau, Vladimir Pavlovic and Junzo WATADA, Function and Surface Approximation based on Enhanced Kernel Regression for Small Sample Sets, International Journal of Innovative Computing, Information, and Control (IJICIC), Vol. 7, Issue 10, pp.5947-5960, October 2011., 7, 10, 0, 2.791, ISSN 1349-4198.

[A12] Junzo WATADA, Yingru Wang, Yu-Lien Tai, Jaeseok Choi and Mitsushige Shiota, Supply Balance Optimization of Sustainable Power Generation from Service Cost Perspective, International Journal of Intelligent Technologies and Applied Statistics, vol.4, no. 2, pp. 221-243, 0.

[A13] P.-C. Lin, J. Watada and B. Wu, A Database For A New Fuzzy Probability Distribution Function and Its Application, International Journal of Innovative

Management, Information & Production, Vol.2, No.2, pp.1-7, June 2011.

[A14] Bo Wang, Shuming Wang and Junzo Watada, "Fuzzy portfolio selection models with Value-at-Risk", IEEE Transactions on Fuzzy Systems, Vol. 19, No. 4, pp. 758-769, August 2011.

[A15] Bo Wang, You Li and Junzo Watada, "Re-scheduling of unit commitment based on customers' fuzzy requirements for power reliability", IEICE Transactions on Information and Systems, Vol.E94-D, No. 7, pp. 1378-1385, July 2011.

【2012年雜誌論文】

[B01] Shuming WANG, Junzo WATADA, A Hybrid Modified PSO Approach to VaR-Based Facility Location Problems with Variable Capacity in Fuzzy Random Uncertainty, Information Science, Vol.192, no. 1, p.3-18, June 2012, 3.095, ISSN : 0020-0255.

[B02] Junzo Watada and Jingjing Liang, An Optimization Approach to Bi-Level Quadratic Programming Problems, International Journal of Innovative Management, Information & Production (IMIP), Volume 3, Number 2, pp. 1-10, (June 2012), 3, 2, 1-10, 6.

[B03] Lin, B. Wu and J. Watada, Goodness-of-Fit Test for Membership Functions with Fuzzy Data, International Journal of Innovative Computing, Information and Control, Vol.8, No.10, pp.7437-7450, October 2012.

[B04] P.-C. Lin, J. Watada and B. Wu, Portfolio Selection Model with Interval Values Base on Fuzzy Probability Distribution Functions, International Journal of Innovative Computing, Information and Control, Vol.8, No.8, pp.5935-5944, August 2012.

【2013年雜誌論文】

[C01] Bo Wang, You. Li and Junzo. Watada, "Multi-objective particle swarm optimization for a novel fuzzy portfolio selection problem", IEEE Transactions on Electrical and Electronic Engineering, Vol. 8, No. 2, pp.146-154, 2013.03., 0.343, ISSN: 1931-4981.

[C02] You Li, Bo Wang, Junzo Watada, Portfolio Selection Models with Technical Analysis-Based Fuzzy Birandom Variables, vol.E97-D, No.1, pp.11-21, 2014.01.

[C03] P.-C. Lin, J. Watada and B. Wu, Identifying the Distribution Difference, IEEE Transactions on Electronics, Information and Systems, Vol. 8, No. 6, 2013, to be published.

[C04] P.-C. Lin, J. Watada and B. Wu, Risk Assessment of a Portfolio Selection Model Based on a Fuzzy Statistical Test, IEICE Transactions on Information and Systems, Vol.E96-D No.3,pp.579-588, 2013.3.

〔学会発表〕(計 40 件)省略する

〔図書〕(計 2 件)

[D01], Shuming Wang, Junzo Watada, , Shuming Wang, Junzo Watada, Fuzzy Stochastic Optimization: Theory, Models and Applications, Springer, ISBN 978-1-4419-9559-9, 2012.4.1, 250 pages, 2012.4

[D02] Bing Xu, Juying Zeng, Junzo Watada, Changes in Production Efficiency in China: Identification and Measuring, Springer New York Heidelberg Dordrecht London, 150 pages, 2014. ISBN 978-1-4614-7719-8, 2013

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.f.waseda.jp/watada/2stageVaR-FRO/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

和多田淳三 (Junzo Watada)

早稲田大学 理工学術院

情報生産システム研究科 教授

研究者番号： 10158610