**Técnicas de aprendizaje estadístico con asimetrías para la optimización de carteras de inversión.**

Santiago Eguren1,3, Rodrigo Gonzalez 2,3 y Carlos A. Catania 2,3

1 Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Ciencias Económicas, Mendoza, Argentina.

santiago.eguren@fce.uncu.edu.ar

2 Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Ingeniería, LABSIN, Mendoza, Argentina.

[harpo@ingenieria.uncuyo.edu.ar](mailto:harpo@ingenieria.uncuyo.edu.ar)

3 Universidad Champagnat, Facultad de Informática y Diseño,

Mendoza, Argentina.

{gonzalezrodrigo,cataniacarlos}@uch.edu.ar

**RESUMEN**

La teoría moderna de carteras de inversión, surge de la problemática de reducir el riesgo de mercado. A través del tiempo, han existido varios autores que han propuesto distintos modelos sobre cómo se puede medir el riesgo y cómo reducirlo.

Una línea de investigación propone la existencia de asimetrías en los retornos diarios de las acciones. Para ello se han propuesto distintas distribuciones para poder modelar este comportamiento.

El propósito de este trabajo es determinar cuál de estos modelos propuestos, para el modelado de asimétricas, tiene mejor ajuste a los rendimientos diarios y como se puede usar estos para armar una cartera con el menor riesgo posible.

**Palabras Claves:**Análisis cuantitativo, Ciencia de datos, Modern Portfolio Theory, Cartera de inversión, Lenguaje R, Python.

**CONTEXTO**

El presente proyecto se desarrolla en el marco de la Facultad de Informática y Diseño. Este trabajo es parte de las líneas de investigación llevadas adelante por Mgter. Eguren Santiago, el Dr. Rodrigo Gonzalez junto y el Dr. Carlos A. Catania desde el año 2021.

**1. INTRODUCCIÓN**

A partir de los trabajos de Mandelbrot [1] y Fama [2], la distribución de densidad de probabilidad Stable Paretian para el modelado de los retornos de los activos financieros ha generado un gran interés. Esto es debido a que el aumento de la capacidad de las computadoras, ha permitido el modelado de la función densidad, ya que esta distribución está definida por su función característica. En el trabajo de Nolan [3], se muestra una forma numérica de aproximar la función densidad de probabilidad.

Los retornos diarios, inclusive de mayor período, muestran propiedades de heteroscedasticidad condicional, la familia de los modelos GARCH, y son apropiados para la predicción del riesgo. Paolella [4], propone dos métodos para estimar los parámetros del modelo Stable-GARCH.

Uno de estos métodos está basado en el tradicional método de máxima verosimilitud, y el segundo método está basado en una rápida estimación que no requiere cálculos numéricos de optimización. Por otro lado, Paolella extiende la estimación de los parámetros al modelo de Ding [5] capaz de capturar asimétricas APARCH.

Tradicionalmente, los dos principales enfoques para el armado de carteras es el uso de los precios pasados y el supuesto de Normalidad. Este método se conoce comúnmente como La teoría moderna de configuración de carteras de inversión (Modern Portfolio Theory, MPT) y fue desarrollado por el economista Harry Markowitz [6,7].

Este último modelo no captura en forma correcta la existencia de heteroscedasticidad y el sesgo en los retornos. Rockafellar and Uryasev [8] muestran que la optimización de portafolios, bajo un enfoque diferente a los tradicionales, llamado ETL (Expected Tail Loss), da una solución única. Una de las ventajas de este modelo, es que se puede utilizar sin ningún tipo de supuestos sobre los retornos, como demuestra Rachev [9]. Por lo tanto, es posible incorporar la heteroscedasticidad y las asimetrías. Por lo expuesto, este proyecto propone analizar el comportamiento de estas metodologías integradas.

**2. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO**

Para Para alcanzar estos objetivos del proyecto, se propone la siguiente metodología.

1) Entender los alcances y limitaciones de los modelos de serie de tiempo univariados, para el armado de carteras de inversión.

Esta etapa del proyecto es la continuación del proyecto anterior de “Técnicas de big data para el análisis de la teoría moderna de optimización de carteras de inversión en el marco del mercado argentino de valores''. Luego de estudiar varias metodologías de armado de carteras, se seleccionaron todas las que se basan en modelo de serie de tiempo, descartando todas las demás.

Por un lado, se deberán tomar todos modelos teóricos de series de tiempo que permitan modelar los rendimientos diarios, con supuestos del término del error con asimetrías, heteroscedasticidad y varianzas infinitas. Y por otro lado se deberá incorporar los método de armado de cartera basados en los modelos anteriores.

2) Determinar diferentes tipos de algoritmos computacionales que permitan estimar los parámetros del modelo.

Una de las grandes dificultades de estos tipos de modelos de series de tiempo es estimar los parámetros poblacionales. Por lo tanto, en esta etapa se desarrollarán los programas, funciones y librerías necesarias, basadas en lenguajes de programación R/Python, que permitan las estimaciones y la evaluación de los parámetros estimados.

3) Determinar diferentes carteras de inversión óptimas según diferentes niveles de riesgo para el mercado de acciones.

En esta última etapa se determinarán las carteras de inversión óptimas, según los modelos anteriores propuestos y el método ETL (Expected Tail Loss). Se definirá una frontera eficiente (efficient frontier) y se compararán con los métodos tradicionales de armado de carteras, en base al retorno y la máxima pérdida (max drawdown).

**3. RESULTADOS ESPERADOS**

Al término del tiempo de duración de este proyecto, se espera obtener los siguientes resultados:

1. Sólida comprensión de los aspectos teóricos de los modelos de serie de tiempo y sus respectivos métodos de armada de cartera.

2. Creación de funciones o librerías que permitan estimar los parámetros poblacionales.

3. Armar carteras óptimas que mejoren las carteras óptimas tradicionales. En el rendimiento y/o en el la máxima pérdida (max drawdown)

**4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS**

El equipo de trabajo de este proyecto está integrado por:

1. El Mg. Eguren es Licenciado en Economía y Magíster en Administración de Negocios (MBA), ambos títulos otorgados por la Universidad Nacional de Cuyo. Además, es docente de la cátedra de "Estadística Aplicada a la Logística" en la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de Cuyo. Es un especialista en análisis cuantitativo y teoría bursátil. Además, cuenta con experiencia práctica en programación en los lenguajes de programación Python y R.

En el campo de la formación de recursos humanos, se espera:

2. El Dr. Rodrigo Gonzalez, codirector de este proyecto, se especializa en procesamiento digital de señales, análisis de series de tiempo, modelado de sistemas, estadística y procesos estocásticos. Cuenta con experiencia en técnicas de aprendizaje automático para el modelado de sistemas utilizando series de tiempo (Gonzalez and Catania, 2019).

3. El Dr. Catania, docente e investigador de la Universidad Nacional de Cuyo y de la Universidad Champagnat, propuesto como investigador formado, es un especialista en el área de Ciencia de los Datos (Data Science). Cuenta con experiencia en la resolución de diferentes problemas aplicando algoritmos específicos del área de aprendizaje automático (Catania et al., 2018) (Gonzalez and Catania, 2019).

1. Iniciar en investigación a profesionales que estén interesados en postularse a diferentes becas doctorales, en el marco del proyecto en referencia.

2. Iniciar la investigación a alumnos, tanto de la UCH, UTN o UNCuyo, que deseen sumarse al proyecto como becarios.

3. Iniciar en investigación a alumnos de los últimos años de carrera que deseen desarrollar su proyecto final de carrera en el marco de este proyecto.

**5. BIBLIOGRAFÍA**

[1] Mandelbrot, B. “The Variation of Certain Speculative Prices”. J. Bus. 1963, 36,394-419.

[2] Fama, Eugene F. “The Behavior of Stock-Market Price”. The Journal of Business, Vol. 38, N°. 1. (Jan, 1965), pp. 34-105.

[3] Nolan,J.P. “Stable Distributions-Models for Heavy Tailed Data”. Birkhauser: Boston, MA. USA, 2016, forthcoming, Chapter 1 online.

[4] Paolella, Marc S. “Stable-Garch Models for Financial Returns: Fast Estimation and Tests for Stability”.15 January 2016; Accepted:27 April 2016; Published: 5 May 2016.

[5] Ding, Z y otros. “A Long Memory Property of Stock Market Returns and a New Model”. J. empir. Finance 1993, 1, 83-106.

[6 ] Markowitz, H. (1952) "Portfolio Selection." Journal of Finance. Vol. 7, No. 1, March 1952, pp. 77–91.

[7] Markowitz, H. M. (1959). Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments. John Wiley & Sons, Inc., 1959.

[8] Rockafellar, R.T and Uryasev, S. “Optimization of conditional value-at-risk”. Journal of Risk 3, 21-41.

[9] Rachev, S. y otros. “Phi-alpha Optimal Portfolios and Extreme Risk Management”. Wilmott magazine, November 2003.