

Cuantificación de los beneficios de la optimización del portafolio de inversiones frente a la priorización en las organizaciones con gran inversión de activos

I. Tamimi y Dr. P. Beullens (Universidad de Southampton) S. Sadnicki (Copperleaf)

ibrahimissam3@gmail.com; p.beullens@soton.ac.uk; ssadnicki@copperleaf.com

MDE Network

Palabras clave

Planificación y gestión de inversión de activos, análisis de decisiones, optimización, priorización, beneficios cuantificados de la gestión de activos

Resumen

A lo largo de los años, muchas organizaciones han tomado decisiones de inversión sobre la base de un proceso convencional de clasificación y priorización. Al priorizar, se determina un puntaje fijo para cada inversión; esto puede ser una medida del rendimiento financiero de la inversión (por ejemplo, valor actual neto) o posiblemente una medida del riesgo que la inversión mitigará para la organización (puntaje del riesgo). Durante la priorización, el portafolio de inversiones se clasifica según ese puntaje fijo y luego se seleccionan las inversiones que pueden ejecutarse dentro de los límites del presupuesto. La optimización matemática que utiliza la programación lineal puede mejorar los resultados de la optimización y alcanzar resultados con valores más altos, respetando a la vez múltiples limitaciones (por ejemplo, tolerancia financiera, de nivel de servicio, de recursos, de tiempo, de dependencias entre proyectos y de riesgo).

Si bien distintas organizaciones han reportado beneficios importantes al usar las técnicas de optimización, los resultados son específicos a cada contexto operativo. Este estudio busca generalizar

los resultados y cuantificar el valor obtenido al usar técnicas de optimización en los portafolios de inversiones de activos.

Contexto

En los últimos años, el análisis de decisiones (*Decision Analytics*) se ha convertido en una disciplina. Según un estudio de investigación de *Sloan Management Review* del MIT, las compañías que incorporan el análisis en su cultura tienen más éxito en la nueva era digital, y el 87 por ciento de los encuestados fomentan el uso del análisis en sus organizaciones para tomar mejores decisiones [1]. Aunque la palabra 'optimización' quizás se use demasiado en el ámbito laboral, "vamos a optimizar nuestros procesos", el uso de la verdadera optimización matemática es menos frecuente a pesar de proveer el mayor valor en el espectro del análisis descriptivo-predictivo-prescriptivo y proporciona la mayor ventaja competitiva [2].

Para las organizaciones que realizan grandes inversiones de activos, el proceso de planificación

de inversión de activos es el candidato principal para los métodos de optimización. A nivel del proyecto (o de intervención de los activos), cada proyecto potencial tiene generalmente un impacto en múltiples indicadores clave de rendimiento (KPI) o medidas de valor de la organización, lo que genera un requisito de análisis de múltiples criterios para la toma de decisiones (MCDA). Cuando los proyectos potenciales se incluyen en los portafolios de inversión, las organizaciones quieren determinar qué inversiones hacer y el momento para hacer esas inversiones y proporcionar así, el mayor valor a la organización.

Una manera de abordar el problema es mediante un proceso convencional de clasificación y priorización. En su forma más básica, esto implica ordenar una lista de riesgos de activos o proyectos potenciales en *Excel*. No obstante, la priorización no puede manejar la naturaleza de múltiples criterios y otras complejidades (por ejemplo, opciones y dependencias del proyecto) del proceso de planificación de inversión de activos y, como consecuencia, cualquier priorización generalmente resulta en soluciones por debajo del nivel óptimo. Por el contrario, la optimización matemática y, en particular, la programación lineal entera mixta (MILP), determina la solución óptima para maximizar el valor según todas las limitaciones del portafolio.

Este estudio prueba el beneficio de la optimización MILP sobre la priorización convencional mediante la investigación de la mejora en el valor del portafolio. Esta es una pregunta importante para los clientes que elaboran un caso de negocio para invertir en herramientas avanzadas para apoyar sus procesos de planificación de inversión de activos. En este estudio, hemos definido el objetivo estadístico de la siguiente manera: "Las organizaciones que optimizan (en oposición a las que priorizan) sus portafolios de inversión de activos pueden proporcionar un x por ciento más de valor con la misma cantidad de gasto".

Revisión bibliográfica

En general, falta evidencia documentada de los beneficios tangibles de las técnicas avanzadas de gestión de activos. El problema de la optimización del portafolio de inversión no es diferente.

Copperleaf tiene múltiples ejemplos puntuales de su base actual de clientes [3]. Por ejemplo:

- » Una organización obtuvo 42 millones de dólares adicionales al valor de su portafolio a través de técnicas de optimización.
- » Otra organización demostró una mejora del seis por ciento (6%) al comparar un portafolio optimizado contra el mismo portafolio priorizado.

La tesis doctoral de Wijnia de 2016 [4] proporciona más ejemplos que incluyen diversos problemas relacionados, tales como la optimización de un único activo, la asignación del presupuesto anual y la optimización de todo un sistema. Wijnia encuentra consistentemente una mejora del veinte por ciento (20%) en relación con el valor del riesgo basado en la optimización.

Lógicamente, existen dudas sobre confiar en la evidencia de las anécdotas de una o dos organizaciones similares. Esto hace que se necesite un resultado generalizado de manera que otras organizaciones que realicen grandes inversiones de activos puedan considerar los beneficios potenciales disponibles dentro de su contexto específico.

Metodología

El Centro de Investigación Operativa, Ciencia de la Administración y Ciencia de la Información de la Universidad de Southampton (Inglaterra), llevó adelante este estudio como parte de la tesis de Maestría en Ciencias del autor.

En primer lugar, el investigador construyó una metodología para generar portafolios de

inversiones representativos. Se utilizaron datos de inversiones reales proporcionados por diversas organizaciones con gran inversión de activos para garantizar que los portafolios fueran lo más representativos posibles de los portafolios de inversión potenciales de una organización con gran inversión de activos. Se evaluaron dos situaciones:

- » Un algoritmo de priorización tradicional
- » Optimización MILP

Después de repetirlo varias veces, los resultados obtenidos son efectivamente una simulación Montecarlo de priorización y optimización del portafolio de inversión que puede analizarse para obtener resultados generales sobre la diferencia en el valor general entre las dos técnicas.

Diseño de factores

Naturalmente, existen muchos factores que afectan la naturaleza del proceso de optimización del portafolio. Estos factores tendrán un impacto en la magnitud de la proporción de mejora del valor sobre el método de priorización. Hemos tomado en cuenta varios de estos factores al completar el análisis y resaltamos otros elementos que se verían beneficiados a partir de una mayor investigación.

Hemos incluido los siguientes factores claves:

- » Cantidad de inversiones dentro del portafolio. Las inversiones pueden considerarse como cualquier proyecto o actividad de intervención llevado a cabo para proporcionar valor a la organización. El portafolio es un conjunto de inversiones.
- » Posibilidad de que las inversiones tengan múltiples alternativas. Las alternativas son diferentes opciones de inversión para mitigar el mismo riesgo o para satisfacer la misma necesidad (por ejemplo, renovación, reemplazo

o cambio en el esquema de mantenimiento, etcétera).

- » Duración de un período limitado (por ejemplo, optimización para producir el plan de inversión del año siguiente o un plan de negocio regulatorio de cinco años).
- » Otros factores para investigación futura son:
- » Inversiones con gasto plurianual (en lugar de proyectos para un solo año).
- » La ‘aspereza’ del límite presupuestario del período (por ejemplo, qué porcentaje del portafolio potencial puede ejecutarse durante el período limitado).
- » La cantidad de limitaciones del portafolio (por ejemplo, limitaciones financieras, de nivel de servicio y recursos).
- » Dependencias entre las inversiones (por ejemplo, que la ejecución de una alternativa de inversión sea en una fecha posterior a otra alternativa de inversión relacionada).

Se eligió un experimento factorial para reducir la cantidad de pruebas requeridas y ayudar a entender las interacciones entre diferentes factores. A los tres factores elegidos, se les asignaron los siguientes ‘niveles’:

- » Cantidad de inversiones dentro del portafolio
 - Nivel ‘bajo’ de mil inversiones
 - Nivel ‘alto’ de mil inversiones
- » Cantidad de alternativas de inversión:
 - Todas las inversiones con una y solo una alternativa de inversión
 - Las inversiones tienen las mismas probabilidades de tener una, dos o tres alternativas de inversión.
- » Duración del período limitado
 - Un plan anual con una limitación de un año
 - Un plan de cinco años con limitaciones de cinco años

Estos factores se combinaron para proporcionar ocho (2^3) observaciones. Por ejemplo, la

observación n.º 1 tenía un portafolio de cien inversiones, cada una de las cuales consideraba una alternativa única para un plan anual.

Se generaron otras características para cada inversión/portafolio de inversión:

- » El costo de la inversión siguió una distribución de probabilidad predeterminada y pronosticada dentro de un solo año.
- » Se simuló el riesgo mitigado por cada inversión mediante la generación de una condición inicial y una de impacto para un activo de muestra. La degradación del activo fue simulada usando una muestra de la curva de degradación de condición (que provoca un aumento de la probabilidad de falla a lo largo del tiempo).
- » La combinación de la condición inicial con la degradación del activo proporciona un riesgo base que cambia con el tiempo. De manera similar, el efecto de la condición del impacto proporciona un perfil de riesgo residual después de la intervención. Por lo tanto, el valor de la inversión es el nivel del riesgo mitigado (el delta entre los perfiles de riesgo base y residual).
- » La ‘aspereza’ del problema de optimización se mantuvo constante, independientemente de la combinación de los factores mencionados anteriormente.

Mediante la simulación de degradación del activo, se capturó una importante característica de los portafolios de inversión de activos: los riesgos de los activos cambian con el tiempo y, por lo tanto, diferir una inversión provocaría la mitigación de un nivel de riesgo distinto. Esta naturaleza del valor de la inversión basada en el tiempo puede calcularse dinámicamente dentro de algoritmos de optimización avanzados, algo que no se captura de forma habitual en los algoritmos de priorización. Investigaciones futuras podrían considerar la diferencia entre la optimización dinámica y estática del valor.

Priorización

El modelo de priorización está diseñado como un algoritmo codicioso. Una de las desventajas inherentes del estudio de priorización es que se debe seleccionar un factor para clasificar todas las inversiones, a pesar de saber que el espacio de decisión es mucho más complejo. Para este estudio, elegimos clasificar las inversiones según la magnitud del nivel de riesgo inicial. Este es un enfoque común entre los servicios públicos que aún tienen que implementar técnicas de optimización avanzadas; se clasifican todos los riesgos y se seleccionan las intervenciones asociadas hasta agotar el dinero disponible (priorización de línea de corte). Los enfoques alternativos incluyen una clasificación basada en el riesgo neto (por ejemplo, nivel de riesgo inicial, nivel de riesgo posterior a la intervención); riesgo/dólar, riesgo neto/dólar; un puntaje ponderado de diversos factores; o VAN de la inversión (donde el riesgo monetizado es un componente).

Además, si una inversión tiene múltiples alternativas, el algoritmo de priorización elige la alternativa con el nivel más bajo de riesgo posterior a la intervención dado que solo una alternativa puede avanzar hacia el proceso de priorización clasificado. Cuando las inversiones o las alternativas tengan la misma clasificación, se selecciona la opción de menor costo.

Las inversiones se planifican dentro de los límites monetarios según el orden de la lista. A su vez, por cada año restringido, el algoritmo desciende en la lista hasta que ninguna de las inversiones restantes pueda incluirse dentro de la limitación. A cualquier inversión que no se seleccione el primer año, las fechas de inicio se trasladan un año y el proceso se repite por cada período con restricciones. Otra desventaja frecuente del algoritmo de priorización es que la ‘clasificación de riesgo’ estática no se actualiza a medida que las inversiones se trasladan en el tiempo; en realidad, la clasificación

Portafolio OBS13P8	Priorización	Optimización
Beneficio de la mitigación del riesgo de seguridad (\$k)	212.029	215.500
Beneficio de la mitigación del riesgo ambiental (\$k)	63.609	64.650
Beneficio de la mitigación del riesgo financiero (\$k)	21.203	21.550
Total costo de la inversión (\$k)	174.562	170.361
Valor total del portafolio (\$k)	122.279	131.339
Porcentaje de mejora		7,4%

Tabla 1. Valor del portafolio de muestra para una simulación única

Tamaño del portafolio: cien inversiones	Inversiones con alternativa única	Inversiones con alternativa variable
Período de planificación de un año	6,6%	14%
Período de planificación de cinco años	8,6%	20,2%

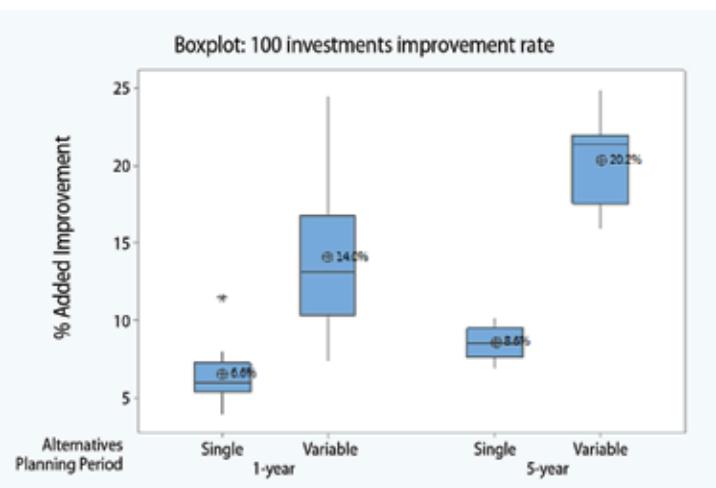


Figura 1. Gráfico de caja y mejora porcentual promedio para las observaciones con portafolios de cien inversiones.

puede cambiar debido al deterioro de los activos en diferentes proporciones.

Optimización

En la optimización (realizada con *Copperleaf C55*), se monetizaron todos los riesgos, y la mitigación de riesgos anual se incluyó en el cálculo del VAN de la inversión. Luego se utilizó un algoritmo de programación lineal entera mixta (MILP) para maximizar el valor del portafolio respetando diversas limitaciones (en este caso, una restricción financiera única). Cabe destacar que, dado que el motor de optimización consideró diferentes alternativas de inversión y una posible postergación de las inversiones, el valor de la inversión se recalculó de forma dinámica.

Simulación Montecarlo

En cada una de las ocho observaciones (combinaciones en el diseño factorial), repetimos el análisis varias veces. Se llevaron a cabo un total de sesenta simulaciones: diez por cada portafolio cuando la cantidad de inversiones era de cien, y cinco por cada portafolio cuando la cantidad de inversiones era de mil.

Resultados

Se generaron datos por cada ciclo de simulación. En particular, hemos registrado el valor total del portafolio, dividido por mitigación de riesgo y costo neto de inversión, para el portafolio priorizado y el optimizado.

Los resultados para uno de los portafolios se muestran a continuación. En este ejemplo, observamos que el algoritmo de optimización selecciona

un portafolio con 7,4 por ciento más del valor total que el algoritmo de priorización (ver tabla 1).

Al combinar los resultados de la simulación Montecarlo, podemos generar un factor promedio de mejora para cada uno de los ocho factores de observación. En la figura 1, se muestran las observaciones donde los portafolios generados contenían cien inversiones.

El diagrama de caja ilustra:

- » El valor promedio (según la tabla correspondiente)
- » La línea de valor de la mediana trazada a través de la caja
- » La caja de rango intercuartílico; cincuenta por ciento (50%) medio de los datos
- » Los 'bigotes' superiores e inferiores que muestran el veinticinco por ciento (25%) superior e inferior de los datos (sin incluir los valores atípicos)
- » Un valor atípico (*) que está por fuera de los bigotes

Luego se completó el mismo análisis con portafolios con mil inversiones. Los resultados se muestran en la figura 2.

Comentario sobre los resultados

Los resultados muestran que la optimización siempre produce un valor del portafolio más alto con las mismas limitaciones monetarias comparado al modelo de priorización. Esto es constante en el rango de siete a veinte por ciento (7-20%).

En segundo lugar, la ventaja de la optimización se intensifica a medida que aumenta la complejidad. Por ejemplo (teniendo en cuenta los portafolios de mil inversiones):

- » La presencia de múltiples alternativas de proyectos duplicará el beneficio de optimización

Tamaño del portafolio: mil inversiones	Inversiones con alternativa única	Inversiones con alternativa variable
Período de planificación de un año	6,6%	13,3%
Período de planificación de cinco años	10,3%	20,3%

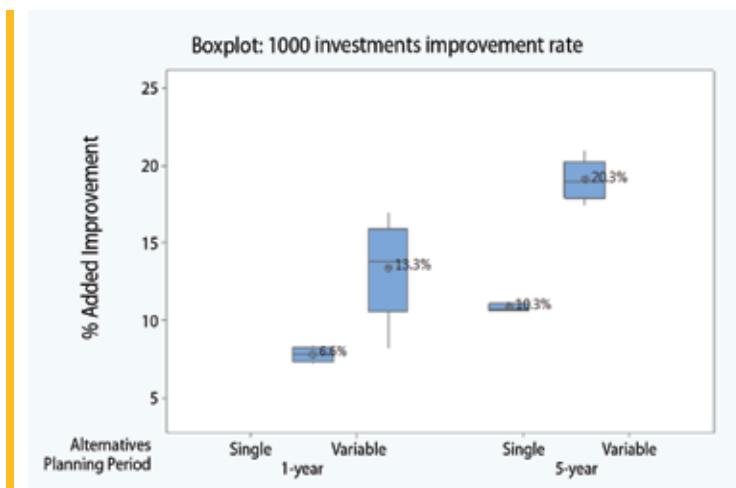


Figura 2. Gráfico de caja y mejora porcentual promedio para las observaciones con portafolios de mil inversiones

- » Para el período de planificación de un año, la tasa de mejora aumenta del 6,6 al 13,3 por ciento
- » Para el período de planificación de cinco años, la tasa de mejora aumenta del 10,3 al 20,3 por ciento
- » Una restricción de varios años aumenta el beneficio de optimización en aproximadamente cincuenta por ciento (50%)
- » Para las alternativas únicas, la tasa de mejora aumenta del 6,6 al 10,3 por ciento
- » Para las alternativas múltiples, la tasa de mejora aumenta del 13,3 al 20,3 por ciento

Un análisis factorial completo (que se completó con MATLAB) confirma que los dos factores mencionados anteriormente tienen un efecto sobre el beneficio de optimización, pero el tamaño del portafolio (es decir, la cantidad de inversiones) no afecta los resultados. Esto puede parecer ilógico a primera vista. No obstante, el fundamento de este hallazgo probablemente se deba al hecho de que la 'aspereza' se mantuvo constante a pesar del aumento en la cantidad de inversiones. Si el presupuesto total se mantuviera independiente de la cantidad de inversiones, probablemente habría tenido un impacto significativo.

En la actualidad, se continúa investigando para mejorar nuestro entendimiento acerca de las diferencias entre la priorización y la optimización para escenarios de usuarios particulares que incluyen inversiones plurianuales. Se recomienda ampliar las investigaciones sobre el análisis de otros factores (específicos del sector) posiblemente importantes (por ejemplo, cuando las alternativas de inversión tienen interdependencias) o cuando el ajuste del problema puede estar sujeto a actualizaciones periódicas (por ejemplo, actualizaciones del conjunto de inversiones o presupuestos disponibles).

Conclusiones

En resumen, los resultados muestran que la optimización proporciona una mejora significativa constante frente a la priorización al construir planes de inversión. Las organizaciones pueden tener mayor confianza en que la implementación de técnicas de optimización avanzadas ofrecerán un beneficio significativo.

En particular, nuestro análisis respalda la conclusión de que las organizaciones que optimizan (en lugar de priorizar) sus portafolios de inversión de activos pueden proporcionar entre siete y veinte por ciento (7-20%) más de valor de sus portafolios cuando se enfrentan a las mismas limitaciones financieras. El mayor factor de mejora se aplica a las organizaciones que consideran las inversiones con múltiples alternativas en un plan de inversión plurianual.

Se recomienda continuar investigando para evaluar el impacto de otros factores identificados. ❖

Menciones

Los autores agradecen al Centro de Investigación Operativa, Ciencia de Administración y Ciencia de la Información de la Universidad de Southampton y, en particular, a Pete Becque por desarrollar el alcance del proyecto junto con *Copperleaf*.

Referencias

- [1] "The Analytics Mandate, Data & Analytics Global Executive Study and Research Project", MIT Sloan *Management Review* (2014)
- [2] T. H. Davenport & J. G. Harris. *Competing on Analytics, The New Science of Winning*, Figure 1-2, page 8. (2007)
- [3] The ROI of C55, *Copperleaf White Paper* (2016)
- [4] Y.C. Wijnia. *Processing Risk in Asset Management – Exploring the Boundaries of Risk Based Optimization Under Uncertainty for an Energy Infrastructure Asset Manager*, PhD Thesis, TU Delft, NL (2016)