

ROBUST PORTFOLIO OPTIMIZATION FOR CONSTRUCTING INVESTMENT PORTFOLIOS IN THE MONGOLIAN STOCK EXCHANGE

Batsuuri Dovdon^I, Barsbold Bazarragchaa^{II}, Mungunsukh Shirnen^{III}

Abstract: This study investigates the construction of investment portfolios on the Mongolian Stock Exchange (MSE) data using robust portfolio optimization methods that account for uncertainty in investment returns. Robust models incorporating ellipsoidal uncertainty sets and box uncertainty sets for expected returns were developed and applied. The results show that the robust models produce more stable and practically applicable portfolios compared to the traditional Markowitz model.

Keywords: robust portfolio optimization, ellipsoidal uncertainty set, box uncertainty set

БАТ БӨХ БАГЦЫН ОНОВЧЛОЛ АШИГЛАН МОНГОЛЫН ХӨРӨНГИЙН БИРЖЭЭС БАГЦ БҮРДҮҮЛЭХ НЬ

Хураангуй: Энэхүү судалгаанд Монголын Хөрөнгийн Биржийн (МХБ) өгөгдөл дээр хөрөнгө оруулалтын тодорхой бус байдлыг тусгасан бат бөх багцын оновчлолын аргаар хөрөнгө оруулалтын багц бүрдүүлэх талаар судаллаа. Судалгаанд хүлээгдэж буй өгөөжид эллипсоид болон хайрцган тодорхой бус байдлын олонлог ашигласан бат бөх загваруудыг боловсруулсан. Үр дүнгээс үзэхэд бат бөх загвар нь стандарт Маркович загвараас илүү тогтвортой, практикт хэрэглэгдэж болохуйц багц үүсгэсэн.

Түлхүүр үгс: Бат бөх багцын оновчлол, эллипсоид тодорхой бус байдлын олонлог, хайрцган тодорхой бус байдлын олонлог

^I Business School, University of the Humanities. (E-mail): batsuuri@humanities.mn

^{II} School of Information Technology and Electronics, National University of Mongolia. (E-mail): barsbold@ seas.num.edu.mn

^{III} Business School, University of the Humanities. (E-mail): mungunsukh@humanities.mn

ОРШИЛ

Монгол Улсын хөрөнгийн зах зээл сүүлийн жилүүдэд хурдацтай хөгжилтэй байгаа хэдий ч олон улсын жишигтэй харьцуулахад жижиг, хөрвөх чадвар багатай, нийт санхүүгийн зах зээлд эзлэх хувь бага хэвээр байна. МХБ-ийн үндсэн индекс болох MSE TOP-20 2026 оны 4-р сарын байдлаар ойролцоогоор 50,000–54,000 нэгжийн хооронд хэлбэлзэж, сүүлийн 12 сарын өсөлт 5–6%-ийн хэмжээнд байгаа бол нийт зах зээлийн капиталын хэмжээ 2026 оны эхээр 13.9–14.2 их наяд төгрөгт хүрсэн байна. Гэхдээ хоёрдогч зах зээлийн эргэлт (хөрвөх чадвар) бага, өдрийн арилжааны дундаж хэмжээ хязгаарлагдмал хэвээр үлдэж, зах зээл голчлон уул уурхайн бүтээгдэхүүн, банк, санхүүгийн салбарын цөөн компаниудад төвлөрсөн байдалтай байна.

Ийм нөхцөлд хөрөнгө оруулагчид өндөр өгөөжтэй, эрсдэл багатай багц бүрдүүлэхэд ихээхэн бэрхшээлтэй тулгардаг. Уламжлалт дундаж-диспер багцын оновчлол (Markowitz, 1952) загвар нь багцын хүлээгдэж буй өгөөж болон ковариацийн матрицыг зөв тооцоолохыг шаарддаг. Гэвч практикт эдгээр параметруудийг түүхэн өгөгдлөөр тооцоолох үед тооцооллын алдаа гардаг бөгөөд ялангуяа жижиг, өгөгдлийн чанар муутай зах зээлд энэ алдаа маш их нөлөөлдөг. Алдаа багатай тооцоолол ч гэсэн оновчтой багцын жингийн ихээхэн гажуудуулж, бодит гүйцэтгэлд муугаар нөлөөлдөг нь олон судалгаагаар батлагдсан.

Монголын хөрөнгийн зах зээлд энэ асуудал улам хүндрэлтэй. Өгөгдлийн хугацаа богино, ханшийн гадаад утга^{IV} ихтэй, хөрвөх чадвар бага, зах зээл уул уурхайн болон төрийн өмчит компаниудад хүчтэй төвлөрсөн тул стандарт Марковичын загвар ашиглахад багц хэт төвлөрөлтэй эсвэл тогтворгүй болох эрсдэл өндөр байдаг. Иймээс бат бөх оновчлол^V аргачлал, тухайлбал эллипсоид тодорхойгүй байдлын олонлог^{VI} -ийг ашиглан хүлээгдэж буй өгөөжид тодорхойгүй байдлын харгалзах нь илүү бат бөх, бодитой шийдэл өгөх боломжтой (Goldfarb, D., & Iyengar, G., 2003).

Энэхүү судалгааны ажлын гол зорилго нь Монголын Хөрөнгийн Биржийн (МХБ) сонгогдсон хувьцаануудын өгөгдөл дээр R программын CVXR багц ашиглан бат бөх багцын оновчлол хийж, стандарт Markowitz загвартай харьцуулах явдал юм. Тодруулбал:

Эллипсоид тодорхойгүй байдлын олонлог ашиглан хүлээгдэж буй өгөөжийн хамгийн муу сценарийг харгалзсан бат бөх загварыг боловсруулах;

Монголын зах зээлийн онцлог (хөрвөх чадварын хязгаарлалт, төвлөрлийн эрсдэл) зэргийг харгалзсан нэмэлт зааглалт нэмэх.

Судалгааны ач холбогдол нь хоёр талтай. Онолын хувьд — Хөрөнгийн зах зээлийн өгөгдлийн дутагдалтай нөхцөлд бат бөх багцын оновчлолын үр нөлөөг баталгаажуулах; Практикийн хувьд — Монголын хөрөнгө оруулагчид, хөрөнгө оруулалтын

^{IV} Outlier

^V Robust optimization

^{VI} Ellipsoidal uncertainty set

менежерүүдэд илүү тогтвортой багц бүрдүүлэх практик аргачлал санал болгох явдал юм.

Судалгааны ажил дараах бүтцээр үргэлжлэх болно: хоёрдугаар хэсэгт сонгодог багцын сонголтын онол болон бат бөх оновчлолын ойлголтуудын талаар тоймыг авч үзнэ. Гуравдугаар хэсэгт МХБ-ийн хувьцааны түүхэн өгөгдөл боловсруулалтыг тайлбарлана. Дөрөвдүгээр бүлэгт CVXR-ээр хэрэгжүүлсэн стандарт болон эллипсод тодорхойгүй байдлын олонлогтой бат бөх багцын оновчлол загваруудыг дэлгэрэнгүй үзүүлнэ. Тавдугаар бүлэгт үр дүн, харьцуулалт, мэдрэмжийн талаар тус тус өгүүлнэ. Эцэст нь дүгнэлт, цаашдын судалгааны чиглэлийн талаар хэлэлцэнэ.

Судалгааны арга зүй

Сонгодог багцын оновчлол нь хөрөнгө оруулалтын шийдвэр гаргахад чухал үүрэг гүйцэтгэдэг. Гэхдээ практикт энэ онолын загварууд нь параметруудийн тооцооллын алдаанд маш их мэдрэмтгий байдаг. Энэ хэсэгт багцын оновчлолын үндсэн онолууд, тэдгээрийн хязгаарлалтууд, ялангуяа хөгжиж буй зах зээлд тулгардаг асуудлууд, мөн бат бөх оновчлолын аргачлалын хөгжлийг тоймлон авч үзнэ. Мөн CVXR багц ашиглан хэрэгжүүлэх боломжуудын талаар дурдана.

Марковичын багцын сонголтын оновчлол

Багцын оновчлолын орчин үеийн үндэс нь Марковичын 1952 оны “Portfolio Selection” өгүүлэл юм (Markowitz, 1952). Тэрээр дундаж-дисперс оновчлол загварыг санал болгосон бөгөөд багцын хүлээгдэж буй өгөөжийг (μ) өгөгдсөн түвшнээс (r_0) багагүй байлгахар, эрсдэлийг (дисперс, σ^2) багасгахыг зорьдог. Загварын математик хэлбэр нь:

$$\min_w w^T \Sigma w \quad (1)$$

$$\text{Зааглалт: } w^T \mu \geq r_0, \sum_{i=1}^n w_i = 1, w_i \geq 0$$

Дээрх бодлогын зорилгын функцэд өгөөжийг нэмж оруулан хувиргавал:

$$\max_w w^T \mu - \frac{\lambda}{2} w^T \Sigma w \quad (2)$$

$$\text{Зааглалт: } \sum_{i=1}^n w_i = 1, w_i \geq 0$$

Энэ загвар нь үр ашигтай муруйг үүсгэж, хөрөнгө оруулагчийн эрсдэл-өгөөжийн сонголтыг харуулдаг.

Гэхдээ практикт сонгодог загвар нь үнэлгээний алдаанд ихээхэн мэдрэмтгий байдаг. Хүлээгдэж буй өгөөж (μ) -ийн жижиг алдаа нь багцын жинг ихээхэн гажуудуулдаг нь олон судалгаагаар батлагдсан (Palomar, 2025). Энэ үзэгдлийг “Марковичын багцын

сонголтын онолын энigma” гэж нэрлэдэг бөгөөд ялангуяа өгөгдлийн хугацаа богино, хэлбэлзэл өндөр хөгжиж буй хөрөнгийн зах зээлд илүү хүчтэй илэрдэг.

Хөгжиж буй хөрөнгийн зах зээл (жишээ нь Монголын Хөрөнгийн Бирж) нь хөгжингүй зах зээлээс ялгаатай олон шинж чанартай: хөрвөх чадвар бага, ханшийн гадаад утга ихтэй өгөгдөл, зах зээл цөөн компанид төвлөрсөн, макро эдийн засгийн шокт өртөмтгий байдал өндөр.

Бат бөх багцын сонголтын оновчлол

Бат бөх оновчлол нь параметруудийн тодорхойгүй байдлыг харгалзан хамгийн муу сценарид хамгийн сайн шийдлийг олох аргачлал юм. Энэ нь стохастик программчлалаас ялгаатай нь магадлалын тархалтыг бүрэн мэдэх шаардлагагүй, зөвхөн тодорхойгүй байдлын олонлогийг тодорхойлдог (Xidonas, P., Steuer, R. E., & Zopounidis, C., 2020).

Түгээмэл хэрэглэгддэг тодорхойгүй байдлын олонлог:

Эллипсоид тодорхойгүй байдлын олонлог

Хайрцган тодорхойгүй байдлын олонлог

Эллипсоид тодорхойгүй байдлын олонлогийг авч үзье.

$$U_{\mu} = \left\{ \mu = \hat{\mu} + kS^{\frac{1}{2}}u: \|u\|_2 \leq 1 \right\}$$

Энд $S^{\frac{1}{2}}$ тэгш хэмтэй тодорхойгүй байдлын хэлбэрийн матрицын язгуур (тухайн тохиолдолд ковариацийн матриц ашиглан $S = \left(\frac{1}{T}\right)\Sigma$ байдлаар тодорхойлж болно), k эллипсийн радиус. Багцын хүлээгдэж буй өгөөж $w^T\mu$ - ийн хамгийн муу сценарид харгалзах оновчлолын бодлого дараах байдлаар тодорхойлогдоно.

$$\max_w \inf_{\mu \in U_{\mu}} w^T\mu = w^T\hat{\mu} - k \left\| S^{\frac{1}{2}}w \right\|_2 \quad (3)$$

$$\text{Зааглалт: } 1^T w = 1, w \geq 0$$

Дээрх бодлого бол эллипсоид тодорхойгүй байдлын олонлог зааглалттай үед $w^T\mu$ өгөөж хамгийн их байлгах оновчлолын бодлогын хамгийн муу сценарид харгалзах бодлого юм. Үүнийг өгөөж - эрсдэл сонголт оруулсан өргөтгөсөн бодлого руу дараах байдлаар хөрвүүлж болно.

$$\max_w w^T\mu - \frac{\lambda}{2} w^T \hat{\Sigma} w = w^T\hat{\mu} - k \left\| S^{\frac{1}{2}}w \right\|_2 - \frac{\lambda}{2} w^T \hat{\Sigma} w$$

$$\text{Зааглалт: } 1^T w = 1, w \geq 0$$

Энэ нь эрсдэлээс зайлсхийх λ коэффициентоор тодорхой бус байдал дахь өгөөж - эрсдэл сонголтын харуулсан зорилгын функцтэй бодлого бөгөөд математик программчлалын хувьд хоёрдугаар эрэмбийн конус программчлал^{VII} ангийн бодлого юм.

Тодорхой бус байдлын олонлогийн хайрцган зааглалт хэлбэрээр мөн тодорхойлж болно. (2) олонлогийн хайрцган зааглалттай болгон хувиргая.

$$U_{\mu}' = \{\mu: -\delta \leq \mu - \hat{\mu} \leq \delta\}$$

Энд δ - хайрцагны хагас өргөн. $w^T \mu$ өгөөжийн хамгийн муу сценарид харгалзах оновчлолын бодлого доорх байдлаар тодорхойлогдоно.

$$\inf_{\mu \in U_{\mu}'} w^T \mu = w^T \hat{\mu} - |w|^T \delta$$

Энд $|w|$ элемент бүрийн абсолют утга.

$$\max_w \inf_{\mu \in U_{\mu}'} w^T \mu - \frac{\lambda}{2} w^T \hat{\Sigma} w = w^T \hat{\mu} - |w|^T \delta - \frac{\lambda}{2} w^T \hat{\Sigma} w \quad (4)$$

$$\text{Зааглалт: } 1^T w = 1, w \geq 0$$

CVXR багц нь R программчлалын хэл дээр журамлагдсан гүдгэр оновчлол^{VIII} хийх хүчирхэг багц бөгөөд PortfolioAnalytics багцтай хослуулан эллипсоид болон хайрцган тодорхойгүй байдлын олонлогтой оновчтой шийдийг бүрэн олдог (Fu, A., Narasimhan, B., & Boyd, S., 2020).

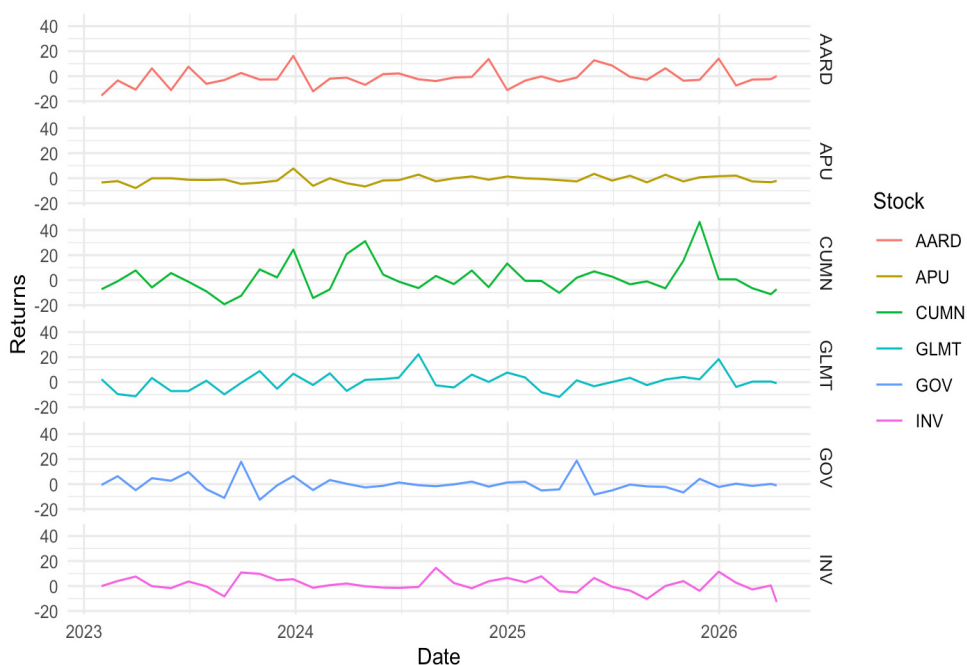
Эмперик судалгаа

Тоон судалгааны хүрээнд МХБ-ийн ТОП-20 индекст багтдаг Ард санхүүгийн нэгдэл (AARD), АПУ (APU), Премиум Нексус (CUMN), Голомт банк (GLMT), Говь (GOV), Инвескор ББСБ (INV) зэрэг 6 хувьцаат компанийн 2023.01.02 - 2026.04.10 хугацаан дахь сарын өгөөжийн өгөгдлийг авав. МХБ нь хөгжиж буй хөрөнгийн биржийн ангилалд багтах тул арилжааны идэвхи, төвлөрөл, өгөгдлийн онцлогоос хамаарч сарын өгөөжийг судалгаанд ашиглах нь зүйтэй гэж үзэв. Хувьцаат компаниудын хувьцааны сарын өгөөжийн графикийг Зураг 1 - т харуулав.

^{VII} Second-order cone programming

^{VIII} Discipline Convex Optimization

Зураг 1. Хувьцаат компаниудын хувьцааны сарын өгөөж



Эх сурвалж: Судлаачийн тооцоолол

Зураг 1 - т харуулснаар АПУ компанийн сарын өгөөж түүврийн хугацаанд хамгийн тогтвортой байгаа бол Премиум Нексус компанийн өгөөж хамгийн хэлбэлзэл өндөртэй байна. Бусад судалгаанд авсан компаниудын сарын өгөөж харьцангуй нэгэн төрлийн хэлбэлзэлтэй байна. Өгөгдлийн тодорхойлогч статистикийг Хүснэгт 1 - т тооцоолов.

Хүснэгт 1. Сарын өгөөжийн тодорхойлогч статистик

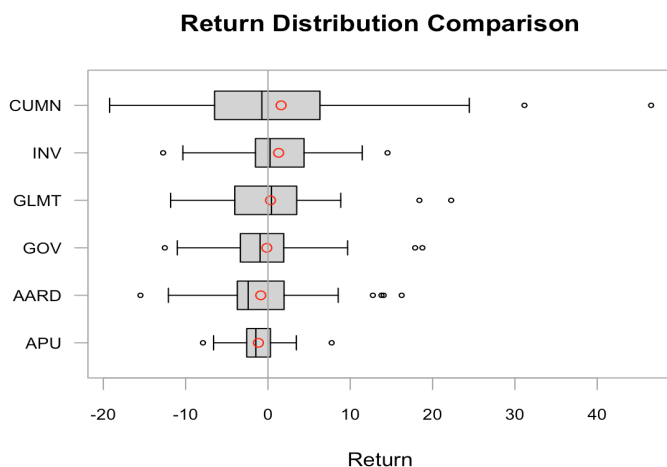
Тодорхойлогч статистик	AARD	APU	CUMN	GLMT	GOV	INV
Ажиглалтын утга	40	40	40	40	40	40
Орхигдсон утга	0	0	0	0	0	0
Минимум	-15.49	-7.89	-19.24	-11.82	-12.53	-12.74
Доод квантил	-3.65	-2.57	-6.46	-3.93	-2.99	-1.47

Медиан	-2.4	-1.47	-0.74	0.43	-0.95	0.25
Арифметик дундаж	-0.87	-1.16	1.6	0.31	-0.13	1.3
Дээд кватил	1.82	0.11	5.98	3.46	1.9	4.21
Максимум	16.25	7.74	46.55	22.26	18.76	14.53
Дунджийн стандарт алдаа	1.14	0.46	2	1.12	0.97	0.9
Дунджийн итгэх завсар (доод 95%)	-3.18	-2.09	-2.44	-1.95	-2.1	-0.52
Дунджийн итгэх завсар (дээд 95%)	1.43	-0.22	5.64	2.57	1.83	3.12
Дисперс	52.06	8.54	159.55	50.06	37.8	32.22
Стандарт хазайлт	7.22	2.92	12.63	7.08	6.15	5.68
Тэгш хэмийн коэффициент	0.55	0.36	1.49	0.8	1.09	-0.04
Шовойлтын коэффициент	0.22	1.12	2.9	1.5	2.41	0.29

Эх сурвалж: Судлаачийн тооцоолол

Хувьцаат компаниудын сарын өгөөжийн тархалтын шинж чанарыг Зураг 2 - т харуулав. Зурагт харуулснаас дүгнэвэл судалгаанд сонгон авсан хувьцаат компаниудын сарын өгөөжийн хайрцган графикт гадаад утга бүгдэд нь байна. Энэ нь хүлээгдэж буй өгөөж, ковариацийн матрицад суурилсан өгөөж - эрсдлийн хэмжүүрээр тодорхойлогддог Марковичын төрлийн багцын сонголтын загвар ашиглан багц бүрдүүлэх нь бодит байдалд дутагдалтай илэрхийлж байна.

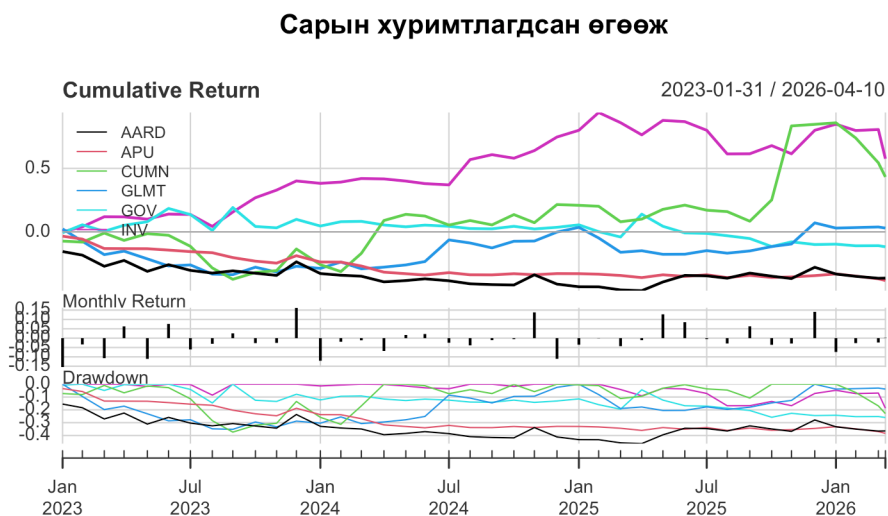
Зураг 2. Сарын өгөөжийн хайрцган диаграм



Эх сурвалж: Судлаачийн тооцоолол

Хувьцаат компаниудын сарын хуримтлагдсан өгөөжийн графикийг Зураг 3 -т дүрслэв. Графикаас харахад нийт хугацаанд Премиум Нексус компанийн сарын хуримтлагдсан өгөөж хамгийн их өсөлттэй байгаа бол Ард санхүүгийн нэгдэл болон АПУ компанийнх хамгийн муу гүйцэтгэлтэй байна.

Зураг 3. Хуримтлагдсан сарын өгөөжийн динамик



Эх сурвалж: Судлаачийн тооцоолол

Эхлээд тодорхой бус байдлын олонлогтой хамгийн муу сценарид харгалзах багцын жинг харьцуулах зорилгоор Марковичын сонгодог дундаж-дисперс багц ашиглан глобал хамгийн бага эрсдэлтэй багц буюу (1) бодлогын шийдийг олъё (Peterson, B. G., & Carl, P., 2024).

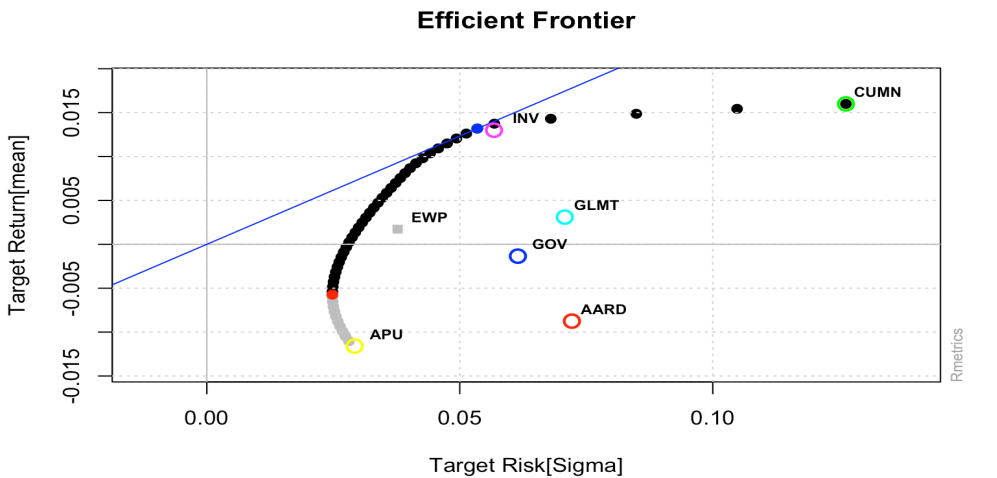
Хүснэгт 2. Глобал хамгийн бага дисперстэй багц

Багцын нэр:	GMVP		Solver:		solveRquadprog	
Оновчлол	minRisk		Зааглалт:		LongOnly	
Симбол	AARD	APU	CUMN	GLMT	GOV	INV
Багцын жин	0.0000	0.6411	0.0032	0.0000	0.0877	0.2680
Багцын дундаж өгөөж:	-0.0057		Багцын эрсдэл: (стандарт хазайлт)		0.0474	

Эх сурвалж: Судлаачийн тооцоолол

Марковичын глобал хамгийн бага эрсдэлтэй багцын өгөөж -0.57% байгаа бараг тэг өгөөжтэй буюу хөрөнгө оруулалтын стратегид тохиромжгүй нь харагдаж байна. Мөн багцын жин хамгийн бага эрсдэлтэй буюу АПУ хувьцаат компани дээр төвлөрсөн байна. Судалгаанд сонгон авсан хувьцаат компаниуд сарын өгөөжийн өгөгдөлд харгалзах үр ашигтай муруй, зах зээлийн шулууныг Зураг 4 - т дүрслэв.

Зураг 4. Үр ашигтай муруй, зах зээлийн шулуун.



Эх сурвалж: Судлаачийн тооцоолол

Зурагт дүрсэлснээр глобал хамгийн эрсдэлтэй багц нь улаан цэгт харгалзаж байна. Судалгаанд сонгон авсан хувьцаат компаниудын сарын дундаж өгөөж болон өгөөжийн стандарт хазайлтыг цэгээр симболын хамт Зураг 4 - т харуулав. Хэрэв эрсдэл - өгөөжийн сонголтыг тусгасан Марковичын (2) бодлогыг сонгон авсан хувьцаат компаниудын өгөгдлийн хувьд бодвол:

Хүснэгт 3. Дундаж-дисперс багц

Багцын нэр:	MVP		Solver:		solveRquadprog	
Оновчлол	minRisk		Зааглалт:		LongOnly	
Симбол	AARD	APU	CUMN	GLMT	GOV	INV
Багцын жин	0.0000	0.0000	0.2119	0.0000	0.0000	0.7881
Багцын дундаж өгөөж:	0.0136		Багцын эрсдэл: (стандарт хазайлт)		0.0557	

Эх сурвалж: Судлаачийн тооцоолол

Эрсдэл - өгөөжийн сонголтыг тусгасан дундаж дисперс Марковичын багц глобал хамгийн бага багцтай харьцуулахад өгөөж нь нэмэгдэж 1.36% болсон боловч хэт төвлөрсөн буюу багцын 2 жинд буюу Премиум Нексус болон Инвескор ББСБ - д жин оноосон байна. Энэ нь мөн хөрөнгө оруулалтын стратегид тохиромжгүй гэж үзэж болохоор байна.

Өмнөх хэсэгт авч үзсэн (3)-(4) бодлогуудыг сонгон авсан 6 хувьцаат компанийн сарын өгөөжийн өгөгдлийг ашиглан багцын оновчтой жинг бодъё. Эллипсиод тодорхойгүй байдлын олонлогтой хамгийн муу сценарид бодлого болох (3) бодлогод харгалзах багцыг авч үзье.

Хүснэгт 4. Эллипсиод тодорхой бус байдлын олонлогт харгалзах багц

Багцын нэр:	Эллипсиод тодорхой бус байдлын олонлог		Solver:		CVXR	
Оновчлол			Зааглалт:		LongOnly	
Симбол	AARD	APU	CUMN	GLMT	GOV	INV
Багцын жин	0.0763	0.0560	0.2676	0.1807	0.1467	0.2726

Багцын дундаж өгөөж:	0.0352	Багцын эрсдэл: (стандарт хазайлт)	0.0841
k (эллипсийн радиус)	0.05	λ (эрсдэлээс зайлсхийх параметр)	1

Эх сурвалж: Судлаачийн тооцоолол

Дээрх багц нь өмнөх Марковичын сонгодог багцуудтай харьцуулахад төвлөрсөн бус дундаж өгөөжийн хувьд илүү боловч, багцын эрсдэл нэмэгдсэн байна.

Хүснэгт 5. Хайрцган тодорхой бус байдлын олонлогт харгалзах багц

Багцын нэр:	Хайрцган тодорхой бус байдлын олонлог		Solver:		CVXR	
Оновчлол			Зааглалт:		LongOnly	
Симбол	AARD	APU	CUMN	GLMT	GOV	INV
Багцын жин	0.0000	0.0000	0.3007	0.0000	0.0000	0.6993
Багцын дундаж өгөөж:	0.0138		Багцын эрсдэл: (стандарт хазайлт)		0.0603	
δ (хайрцагны хагас өргөн)	0.05		λ (эрсдэлээс зайлсхийх параметр)		1	

Эх сурвалж: Судлаачийн тооцоолол

Хайрцган тодорхой бус байдлын олонлогтой хамгийн муу сценарид харгалзах багцын бодлогын шийд эллипсоидтой харьцуулахад маш төвлөрсөн бөгөөд багцын өгөөж харьцангуй бага байна.

Дүгнэлт

Энэхүү судалгааны ажилд МХБ - ийн бодит өгөгдөл дээр R программын **CVXR** багцыг ашиглан уламжлалт дундаж - дисперс (Маркович) загвар болон бат бөх багцын оновчлол ийг харьцуулан судаллаа. Тодруулбал, багцын хүлээгдэж буй өгөөжид эллипсоид болон хайрцган тодорхой бус байдлын олонлог ашигласан бат бөх загваруудыг боловсруулж, Монголын хөрөнгийн зах зээлийн онцлогийг харгалзан шинжилгээ хийв.

Судалгааны үр дүнгээс үзэхэд стандарт Маркович загвар нь Монголын зах зээлийн өгөгдлийн онцлогт мэдрэмтгий байгааг харууллаа. Ялангуяа цөөн тооны хувьцаа давамгайлсан, гадаад утга ихтэй өгөгдөл дээр оновчтой багц хэт төвлөрөлтэй эсвэл тогтворгүй болж, багцын бодит гүйцэтгэл муудаж байв. Харин бат бөх загвар болох эллипсоид тодорхой бус байдлын олонлог нь хамгийн муу сценарид илүү тогтвортой үр дүн өгсөн.

Хайрцган тодорхой бус байдлын олонлогтой загвар нь илүү төвлөрсөн шинжтэй байсан бол эллипсоид тодорхой бус байдлын олонлогтой загвар нь хамаарлыг харгалзан илүү бодитой, диверсификацтай багц үүсгэсэн. Цаашид тодорхой бус байдлын олонлогийн параметрууд болох k , δ болон эрсдэлээс зайлсхийх параметр λ зэрэгт мэдрэмжийн шинжилгээ хийх боломжтой.

Энэхүү судалгаа нь Монголын хөрөнгийн зах зээлийг илүү үр ашигтай, тогтвортой хөгжүүлэхэд хувь нэмэр оруулна гэдэгт итгэлтэй байна. Хөрөнгө оруулагчид стандарт оновчлолоос илүү бат бөх аргачлалыг хэрэглэснээр эрсдэлийг илүү сайн удирдаж, урт хугацааны өгөөжийг тогтвортой нэмэгдүүлэх боломжтой болно.

Ашигласан материал

- Fu, A., Narasimhan, B., & Boyd, S. (2020). CVXR: An R package for disciplined convex optimization. *Journal of Statistical Software*, 94(14), 1-34. doi:<https://doi.org/10.18637/jss.v094.i14>
- Goldfarb, D., & Iyengar, G. (2003). Robust portfolio selection problems. *Mathematics of Operations Research*, 28(1), 1-38. doi:<https://doi.org/10.1287/moor.28.1.1.14258>
- Markowitz, H. (1952). Portfolio selection. *The Journal of Finance*, 7(1), 77-91. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1952.tb01525.x>
- Palomar, D. P. (2025). *Portfolio optimization: Theory and application*. Cambridge University Press. doi:<https://doi.org/10.1017/9781009428095>
- Peterson, B. G., & Carl, P. (2024). *PortfolioAnalytics: Portfolio analysis, testing and backtesting (R package version 2.1.x)*. <https://CRAN.R-project.org/package=PortfolioAnalytics>.
- Xidonas, P., Steuer, R. E., & Zopounidis, C. (2020). On the multicriteria selection of portfolio optimization models. *Annals of Operations Research*, 883-911. doi:<https://doi.org/10.1007/s10479-020-03596-5>