



САНХҮҮ ЭДИЙН ЗАСГИЙН ИХ СУРГУУЛЬ
ӨДРИЙН ХӨТӨЛБӨР
ЭКОНОМИКСИЙН ТЭНХИМ



Хангал
Буянжаргалын ЖАРГАЛМАА

ТӨЛӨВ БАЙДЛЫН ОГТОРГУЙН ЗАГВАР БА
КАЛМАНЫ ШҮҮЛТҮҮР: ХУВЬСАХ
КОЭФФИЦИЕНТИЙН ХЭРЭГЛЭЭ



Мэргэжлийн индекс
D310700

Бизнесийн удирдлагын бакалаврын
зэрэг горилсон
Дипломын төсөл

Удирдсан
Д.Гансүлд /МВА/

Улаанбаатар. 2018



САНХҮҮ ЭДИЙН ЗАСГИЙН ИХ СУРГУУЛЬ
ЭКОНОМИКСИЙН ТЭНХИМ



Хангал

Буянжаргалын ЖАРГАЛМАА

ТӨЛӨВ БАЙДЛЫН ОГТОРГУЙН ЗАГВАР БА
КАЛМАНЫ ШҮҮЛТҮҮР: ХУВЬСАХ
КОЭФФИЦИЕНТИЙН ХЭРЭГЛЭЭ



Мэргэжлийн индекс

D310700

Бизнесийн Удирдлагын Бакалаврын Зэрэг

Горилсон Дипломын Төсөл

Удирдагч: Д.Гансүлд /MBA/

Шүүмжлэгч: Ц.Батсүх /Ph.D/

Улаанбаатар. 2018

УДИРТГАЛ

Сэдвийн нэр: *Төлөв байдлын огторгуйн загвар ба Калманы шүүлтүүр: Хувьсах коэффициентийн хэрэглээ*

Товч танилцуулга: 1960 онд анх инженерингийн салбарт байгуулагдсан төлөв байдлын огторгуйн загвар нь 1990-ээд оны эхээр эдийн засгийн шинжилгээнд нэвтэрсэн бөгөөд өдгөө эдийн засгийн салбарт өргөн хүрээний асуудал шийдвэрлэхэд эрчимтэйгээр ашиглагдаж байна. Энэхүү судалгаагаар аливаа загварын параметрийг хувьсах байдлаар үнэлэх, ажиглагддаггүй хувьсагчийг үнэлэх, ажиглагддаггүй тренд, мөчлөгийг загварчлах, мэдээллийн ялгаатай эх сурвалжуудаас ирсэн мэдээллийг нэгтгэх, хугацааны цуваан өгөгдлийг хугацааны турш задлах, нэг хэмжээст хугацааны цувааны нэг үеийн дараах таамаглал хийх зэрэг өргөн хүрээний асуудлыг шийдвэрлэхэд ашиглагддаг тус загвар болон түүнийг үнэлэх оновчтой алгоритм болох Калманы шүүлтүүрийг онолын хүрээнд судалж, жишээ болох үүднээс холбогдох эмпирик судалгааг хийсэн юм.

Эдийн засгийн бүтээлийн сэтгүүлийн ангиллын индекс: C51, C52

Түлхүүр үгс: *Төлөв байдлын огторгуйн загвар, Калманы шүүлтүүр, оновчтой алгоритм, хувьсах коэффициент*

АГУУЛГА

УДИРТГАЛ	i
ОРШИЛ	1
I БҮЛЭГ. Судлагдсан байдал.....	3
1.1 Төлөв байдлын огторгуйн загвар	3
1.2 Калманы шүүлтүүр	4
1.2.1 Коэффициентыг хувьсах байдлаар загварчилсан судалгааны ажлууд.....	6
1.2.2 Хугацааны цувааг таамаглахад ашигласан судалгааны ажлууд	8
1.2.3 Хугацааны цувааг задлахад ашигласан судалгааны ажлууд.....	9
1.2.4 Ажиглагддаггүй хувьсагчийг үнэлэхэд ашигласан судалгааны ажлууд.....	11
1.3 ТБОЗ болон Калманы шүүлтүүртэй холбоотой хийгдсэн монгол судалгааны ажлууд.....	12
1.4 ТБОЗ ба Калманы шүүлтүүртэй холбоотой сурах бичгүүд.....	12
II БҮЛЭГ. Онолын ухагдахуун ба загвар	13
2.1 Төлөв байдлын огторгуйн загвар	13
2.2 Төлөв байдлын огторгуйн загварыг үнэлэх Калманы шүүлтүүрийн арга	14
2.2.1 Анхны утгыг байгуулах:	15
2.2.2 Таамаглах	15
2.2.3 Засварлах	15
2.2.4 ХИҮХБ функцийг байгуулах	16
III БҮЛЭГ. Эмпирик шинжилгээний арга зүй	17
IV БҮЛЭГ. Эмпирик шинжилгээний хэсэг	18
4.1 Эмпирик судалгааны загвар.....	18
4.2 Судалгаанд ашиглах өгөгдөл	19
4.3 Үндсэн шинжилгээний хэсэг	20
ДҮГНЭЛТ.....	22
НОМЗҮЙ.....	23
ХАВСРАЛТ.....	27

ХҮСНЭГТЭН МЭДЭЭЛЛИЙН ЖАГСААЛТ

Хүснэгт 4-1 ТБОЗ болон Калманы шүүлтүүрийн ерөнхий зарчим	19
---	----

ЗУРГАН МЭДЭЭЛЛИЙН ЖАГСААЛТ

Зураг 1.2.1 Сансрын хөлөг дэх ТБОЗ-ын хэрэглээ	4
Зураг 1.2.2 Автомашин дахь ТБОЗ-ын хэрэглээ.....	5
Зураг 2.1.1 ТБОЗ болон Калманы шүүлтүүрийн ерөнхий зарчим.....	13
Зураг 4.3.1 Хөрөнгө оруулалтын тэгшитгэлийн хувьсах коэффициентүүд.....	20
Зураг 4.3.2 Хэрэглээний тэгшитгэлийн хувьсах коэффициентүүд.....	21

ХАВСРАЛТЫН ЖАГСААЛТ

Хавсралт 1 Хөрөнгө оруулалтын тэгшитгэлийн ХИҮХБ үнэлгээ.....	27
Хавсралт 2 Хэрэглээний тэгшитгэлийн ХИҮХБ үнэлгээ.....	27

ТОВЧИЛСОН ҮГС, НЭР ТОМЪЁОНЫ ТАЙЛБАР

БДНБ-Бодит дотоодын нийт бүтээгдэхүүн

ДНБ-Дотоодын нийт бүтээгдэхүүн

ИҮХАТ-Инфляцыг үл хурдасгах ажилгүйдлийн түвшин

ОУВС-Олон улсын валютын сан

ТБОЗ-Төлөв байдлын огторгуйн загвар

ХБК-Хамгийн бага квадрат

ХИҮХБ-Хамгийн их үнэний хувь бүхий

ОРШИЛ

Аливаа судалгааны талбарт шийдвэрлэхэд төвөгтэй нарийн асуудлууд, хөгжлийнхөө явцад тулгарч ирсэн сул талууд олон байдаг. Гэсэн хэдий ч онол, судалгааны аргазүйн нээлтүүд, тэдгээрийн хурдацтай хөгжлийн үр дүнд олонх нь шийдэл, гарцыг олдог байна. Тухайлбал, сүүлийн хорь гаруй жилд эдийн засгийн ухаанд төлөв байдлын огторгуйн загвар гэх шинэхэн онол, аргазүйн ойлголт бий болоод байна. Энэхүү загвар нь маш энгийн бөгөөд үр ашигтай үнэлгээг хийгээд зогсохгүй эдийн засгийн ухаанд тулгарч буй олон хүнд асуудлуудыг шийдвэрлэдгээрээ судлаачдын анхаарлыг татаж байгаа юм.

ТБОЗ болон түүнийг үнэлэх оновчтой алгоритм болох Калманы шүүлтүүрийн аргазүйг инженерингийн салбараас хөрвүүлэн, эдийн засгийн салбарт хэрэглэх хүртэл энэхүү загвараар шийдвэрлэгдэх боломжтой хэд хэдэн асуудлууд эдийн засгийн судалгааны талбарт байсан юм. Нэгдүгээрт, Лукас (1976) уламжлалт макро эконометрикийн загварууд нь макро хувьсагчдын өнгөрсөн хугацааны харилцан хамааралд үндэслэн ирээдүйн талаар төсөөлөл хийдэг бөгөөд бодлогын өөрчлөлт бий болсон тохиолдолд дээрх хамаарал өөрчлөгдөх боломжтой тул өнгөрсөн хугацааны хамааралд үндэслэн бодлогын шинжилгээ, төсөөлөл гүйцэтгэх нь үр ашиггүй гэж үзсэн юм. Энэ тохиолдолд ТБОЗ ашиглан аливаа эконометрик загварын параметрийг хувьсах байдлаар үнэлснээр Лукасын шүүмжийг гэтэлж, үнэлгээг илүү найдвартай болгох боломжтой юм.

Хоёрдугаарт, бодит байдал дээр эдийн засгийн хувьсагчдын хувьслыг тодорхойлогч хүчин зүйл нь бүрэн дүүрэн хэмжигдэж, ажиглагдахгүй тохиолдол цөөнгүй байдаг. Тухайлбал, хувь хүний орлогын түвшин оюун ухаан, онцгой чадвар, нийгмийн ур чадварууд болон бусад хэмжигдэхүйц бус зүйлсээр тодорхойлогдож болно. Яг үүнтэй адил макро эдийн засгийн онолууд ч мөн эдийн засгийн өсөлт зэрэг макро эдийн засгийн хувьсагчид технологийн өөрчлөлт, хүн капиталын хуримтлал зэрэг хэмжигдэхүйц бус хувьсагчдаар тайлбарлагддаг гэж үздэг. Тайлбарлагч хувьсагч нь ажиглагдахуйц бус тохиолдолд ХБК аргаар хамааран хувьсагчдын хувьслыг судлах боломжгүй болно. Харин ТБОЗ-ыг ашигласнаар ажиглагдахуйц бус тайлбарлагч хувьсагчдын зураглалыг шинжлэн ХБК аргыг өргөтгөн үнэлгээ хийх боломжтой болдог.

Үндсэндээ судлаачид эдийн засаг дахь дээрх хоёр төрлийн асуудлыг Калманы шүүлтүүр ашиглан шийдвэрлэх боломжтой гэж үздэг билээ. Харин үүнээс гадна хугацааны цувааг задлах, нэг алхмын дараах таамаглал хийх, ажиглагддаггүй тренд, мөчлөгийг загварчлах, орхигдсон хувьсагчийг тооцох, ялгаатай эх сурвалжийн мэдээллүүдийг нэгтгэх зэрэгт мөн ашигладаг. Ийнхүү орчин үед ТБОЗ-ыг загварчлах түүнтэй холбоотойгоор Калманы шүүлтүүрийн хэрэглээг судлах нь нэмэгдэж, эдийн засгийн ухаанд ч өргөнөөр ашиглагдаж байна. Тиймээс энэхүү судалгааны ажлаар ТБОЗ болон Калманы шүүлтүүрийн онолын ойлголт, цар хүрээ болон эдийн засгийн хэрэглээг судлахыг зорилоо. Мөн тус зорилготой нийцүүлэн дараах зорилтуудыг тавьсан болно.

Зорилт 1: Төлөв байдлын огторгуйн загварын онолын ойлголтыг судлах, түүнийг математик илэрхийллээр энгийн ойлгомжтой байдлаар илэрхийлэх, учир зүйн холбоо хамаарлыг тайлбарлах

Зорилт 2: Төлөв байдлын огторгуйн загварыг үнэлэхтэй холбоотой Калманы шүүлтүүрийн аргазүйн онолын ойлголтыг судлах, түүний төлөв байдлын огторгуйн загвартай уялдаж буй холбоог энгийн, ойлгомжтой байдлаар тайлбарлах.

Зорилт 3: ТБОЗ ашиглан шийдвэрлэх боломжтой эдийн засгийн асуудлыг тодорхойлж, түүнтэй холбоотойгоор олон улсад болон Монгол улсад хийгдэж байсан судалгааны ажлуудыг уншиж, судлах. Онол, арга зүйн ойлголтыг бататгах үүднээс Монгол улсын хувьд шийдвэрлэх боломжтой жишиг асуудлыг сонгон авч, ТБОЗ болон Калманы шүүлтүүр ашиглан шинжлэх.

Ерөнхийдөө ТБОЗ нь хоёр гол давуу талтай. Нэгдүгээрт хэрэгжүүлэхэд хялбар бөгөөд харьцангуй нарийн төвөгтэй асуудлуудын энгийн хялбар илэрхийллийг бий болгодог. Тодруулбал ARMA, бүтцийн VAR, DSGE зэрэг томоохон загваруудыг тус загвараар илэрхийлж болдог байна. Хоёрдугаарт ижил асуудалд хандах өөр өөр аргуудын харьцангуй давуу талуудад хүрэх боломжийг бий болгодог нийлмэл арга юм (Basdevant, 2003). Гэсэн хэдий ч ерөнхий тохиолдолд статистик болон эдийн засгийн ухаанд системийн цаг хугацааны турш хувьсадаг, ажиглагддаггүй хувьсагч юмуу параметрийн дараалан дөхөх үнэлгээг хийх алгоритмыг энгийнээр шүүлтүүр хэмээн нэрлэдэг бөгөөд энэ нь таамаглал хийхээс ялгаатай байдаг. Учир нь шүүлтүүр нь мэдээллийн олонлогтой ижил интервал дахь ажиглагдаагүй зүйлийн үнэлгээг хийдэг бол таамаглал нь ирээдүйн талаарх төсөөллийг бий болгодог (Pasticha, 2006). Гэтэл ТБОЗ-ыг үнэлэх хамгийн энгийн аргазүйн дараалал нь дараалан дөхөх шугаман шүүлтүүр болох Калманы шүүлтүүр юм. Өөрөөр хэлбэл ТБОЗ нь харьцангуй нарийн төвөгтэй асуудлыг, уян хатан нөхцөлтэйгөөр, маш энгийнээр загварчилдаг ч зөвхөн өнгөрсөн рүү чиглэсэн тооцооллыг хийдгээрээ онцлогтой.

Энэхүү судалгааны хүрээнд авч судалсан ТБОЗ-ын нэгэн эмпирик хэрэглээ нь загварын коэффициентийг хувьсах байдлаар үнэлэх юм. Тодруулбал Мүкержи болон Бхаттхахариа нарын (2010) тодорхойлсон загварын дагуу Монгол улсын макро эдийн засгийн өгөгдлүүдийг ашиглан бодлогын хүү, болон бусад макро хувьсагчдын хөрөнгө оруулалт болон хэрэглээнд үзүүлэх нөлөөллийг хувьсах байдлаар үнэлсэн юм. Товчхондоо дээр дурдсан зорилтуудын хүрээнд судалгааны нэгдүгээр бүлэгт ТБОЗ болон Калманы шүүлтүүрийн гол хэрэглээг тодорхойлж тус бүр харгалзан хийгдсэн судалгааны ажлуудыг танилцуулж, товч үр дүнг бичсэн бөгөөд ТБОЗ болон Калманы шүүлтүүрийг ашиглан хийсэн монгол судалгааны ажлуудыг танилцуулах юм. Хоёрдугаар бүлэгт ТБОЗ болон Калманы шүүлтүүрийн үндсэн загварчлалыг танилцуулж, тэдгээрийн холбоо хамаарал, учир зүйн дарааллыг тайлбарласан юм. Гуравдугаар бүлэгт хугацааны цувааг задлах хэрэглээний хувьд ТБОЗ болон Калманы шүүлтүүрийг хэрхэн томъёолж, агуулгын хувьд хэрхэн өөрчлөлт оруулсныг аргазүйн хувьд тодруулсан юм. Харин дөрөвдүгээр бүлэгт тус аргазүйг ашиглан Монгол улсын макро эдийн засгийн загварын коэффициентийг хугацааны хувьд хувьсах байдлаар үнэлсэн эмпирик ажлын үр дүнг танилцуулах юм.

I БҮЛЭГ. СУДЛАГДСАН БАЙДАЛ

1.1 Төлөв байдлын огторгуйн загвар

“Төлөв байдлын огторгуй” гэх нэр томъёо нь системийн онолоос үүсэлтэй бөгөөд анх 1960 онд хяналтын инженерчлэлд хэрэглэгдэх болсон. ТБОЗ-ын хамгийн анхны алдартай хэрэглээ нь Аполо болон Поларис сансрын хөлгүүдийн программд хэрэглэсэн явдал юм. Стохастик процессоор хэмжигдэж, ажиглагдсан детерминистик болон стохастик динамик системийг шинжлэх ерөнхий бүтцийг ТБОЗ олгодог бөгөөд инженерчлэл, физик, статистик, компютерийн шинжлэх ухаан болон эдийн засгийн ухаанд динамик системийн өргөн хүрээний асуудлыг шийдвэрлэхэд амжилттай хэрэглэгдэж байна (Chen & Brown, 2013). Үүнээс гадна санхүү, анагаах ухаан болон замын хөдөлгөөний менежмент зэрэг олон төрлийн салбарт хэрэглэгдэж байна.

Судлаач Басдевант 2003 онд макро эдийн засгийн ухаанд ТБОЗ хэрхэн ажиллах болон бодлогын асуудалтай хэрхэн холбогдохыг авч судалсан бөгөөд Калманы шүүлтүүрийг ашиглан шийдвэрлэх боломжтой дөрвөн эдийн засгийн асуудлыг онцлон дурдсан байна. Нэгдүгээрт, эдийн засаг дахь ажиглагддаггүй тренд, хэлбэлзлийг загварчлах. Хоёрдугаарт, нэг төлөвөөс өөр нэг ялгаатай тогтвортой төлөв рүү шилжих шилжилтийг загварчлах. Жишээлбэл, төвлөрсөн төлөвлөгөөт эдийн засгаас зах зээлийн эдийн засагт шилжих, зах зээлийн тэнцвэр нэг тэнцвэрээс нөгөө тэнцвэр рүү шилжих зэргийг загварчлахад хэрэглэгдэх боломжтой. Гуравдугаарт, хүлээлтийн хэлбэрийг загварчлах. Ихэнх макро эдийн засгийн загварууд нь дасан зохицох юм уу рационал хүлээлтээр загварчлагддаг бөгөөд сүүлийн жилүүдэд хүлээлтийн хэлбэрийг хэрхэн загварчлах талаар эрчимтэй судлах болжээ. Энэ үед ТБОЗ-ын рационал руу аажмаар нэгдэн нийлэх хүлээлтүүдийг хүлээн зөвшөөрөх явдал нь энэхүү загварыг бусад загваруудаас давуу болгож байв. Дөрөвдүгээрт, таамаглах болон өгөгдөл засварлах буюу алдаа нь зарим хэлбэрийг харуулсан эсвэл өгөгдөл засварлагдсан үед загварын таамаглах хэрэгслүүд нь ТБОЗ-ыг ашигласнаар сайжирч болдог явдал юм (Basdevant, 2003).

ТБОЗ-ыг үнэлэх хамгийн энгийн бөгөөд хялбар аргазүйн дараалал нь Калманы шүүлтүүр юм. Калманы шүүлтүүр нь хэмжээсийн болон төлөв байдлын тэгшитгэлд шугаман ба хэвийн байх урьдач нөхцөлийг тавьдаг бөгөөд энэхүү нөхцөл зөрчигдсөн тохиолдолд Гауссын бус, шугаман бус ТБОЗ-ыг үнэлэх юм. Гауссын бус, шугаман бус ТБОЗ-ыг үнэлэх хамгийн энгийн бөгөөд хялбар шугаман бус шүүлтүүр нь Тейлорын цуврал өргөтгөл бөгөөд өргөтгөсөн шугаман бус хэмжээс болон шилжилтийн функцийг стандарт, шугаман, дараалан дөхөх Калманы шүүлтүүрийн аргазүйн дараалалд шууд хэрэглэж болдог байна. Өөр нэгэн уламжлалт шугаман бус шүүлтүүрийн нэг нь өргөтгөсөн Калманы шүүлтүүр бөгөөд 1969 онд Вишнер болон бусад судлаач нарын, 1970 онд Жазвинскигийн, 1974 онд Желлбийн, 1979 онд Андерсон болон Мүүр нарын, 1993 болон 1996 онд Танизакагийн, 1996 онд Танизака болон Мариано нарын ажилд тус тус хэлэлцэгдсэн байдаг (Tanizaki, 2003).

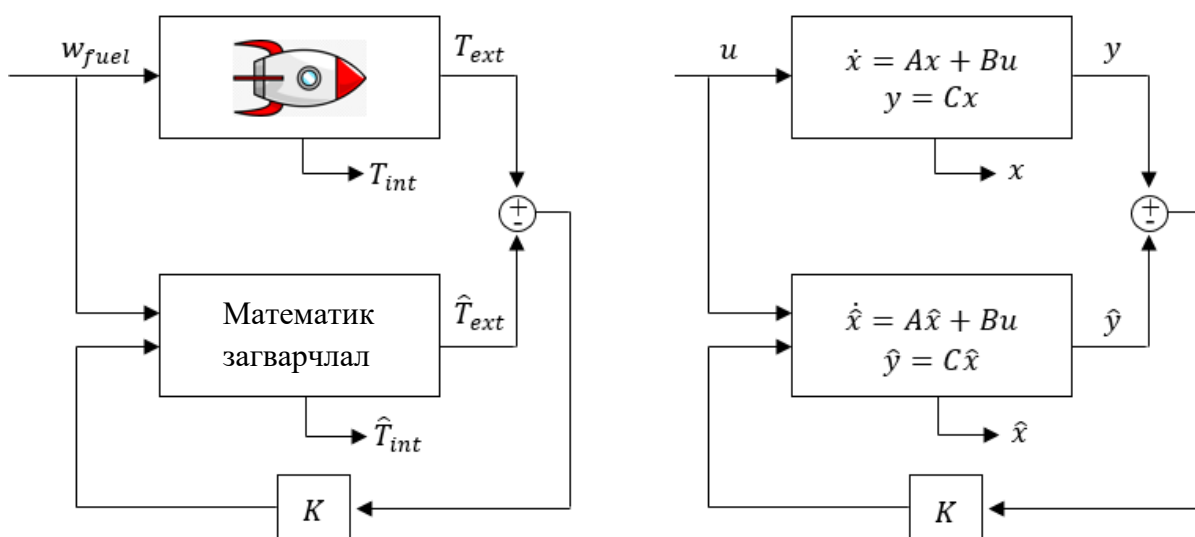
Сүүлийн үед Гауссын бус, шугаман бус ТБОЗ-ыг үнэлэх өргөтгөсөн Калманы шүүлтүүр шиг харьцангуй болхи ойролцооллын аргуудаас гадна тоон буюу Монте Карло

шүүлтүүр, “Posterior mode estimation” болон “fully Bayesian smoothing using Markov chain Monte Carlo simulation” зэрэг хэд хэдэн аргууд ашиглагдах болсон бөгөөд эдгээрийг дараагийн түвшний судалгаануудад авч үзэх болно (Fahrmeir, 1998).

1.2 Калманы шүүлтүүр

Калманы шүүлтүүр нь энэхүү онолын анхны хөгжүүлэгч Рудолф Калманы (1930-2016) нэрээр нэрлэгдсэн бөгөөд загвар биш үнэлгээний оновчтой алгоритм юм. Калманы шүүлтүүрийг удирдлага, жолоодлогын систем, компьютерийн систем, дохио дамжуулалтад нийтлэг ашигладаг байна. Олон улсад энэхүү судалгааны аргачлал нь анх Калман (1960), Калман ба Вуси (1961), Сверлинг (1959) болон Стратонович (1960) нар хяналтын инженерчлэлд амжилттай хэрэглэснээр танигдсан (Venegas, Alba, & Ordorica, 1995) бөгөөд Аполло болон Поларис сансрын хөлгүүдийн удирдлагад ашиглагдсанаараа алдартай болсон байдаг. Тодруулбал, сансрын хөлгийн түлшинд ордог шингэн ус төрөгч нь их хэмжээний гэрэл, дулааныг ялгаруулдаг байна. Үүнээс ялгарсан хэт дулаан нь хөлгийн эд ангиудын үйл ажиллагааг гэмтээх аюултай байдаг тул энэхүү эрсдэлээс урьдчилан сэргийлэхийн тулд хөлгийн яндангийн дотоод дулааныг ойр ойрхон хэмжих шаардлагатай байдаг бөгөөд энэхүү зорилго нь бодит байдал дээр тийм ч хялбар хэрэгждэггүй юм. Тодруулбал яндан дотор дулаан мэдрэгч байршуулбал мэдрэгч нь хайлчихдаг тул үүний оронд хөргөгч гадаргууг яндантай ойрхон байршуулж, түүн дээр дулаан мэдрэгч байршуулж шууд бусаар дулааныг хэмждэг байна. Ийнхүү хэмжиж чадаж буй гадаргуугийн дулааны мэдээллийг ашиглан хэмжиж чадахгүй байгаа дотоод дулааны талаарх мэдээллийг гарган авах аргагүйг Калманы шүүлтүүр олгосон байна. Энэхүү жишээний хувьд Калманы шүүлтүүрийг доорх байдлаар схемчилж болно.

Зураг 1.2.1 Сансрын хөлөг дэх ТБОЗ-ын хэрэглээ



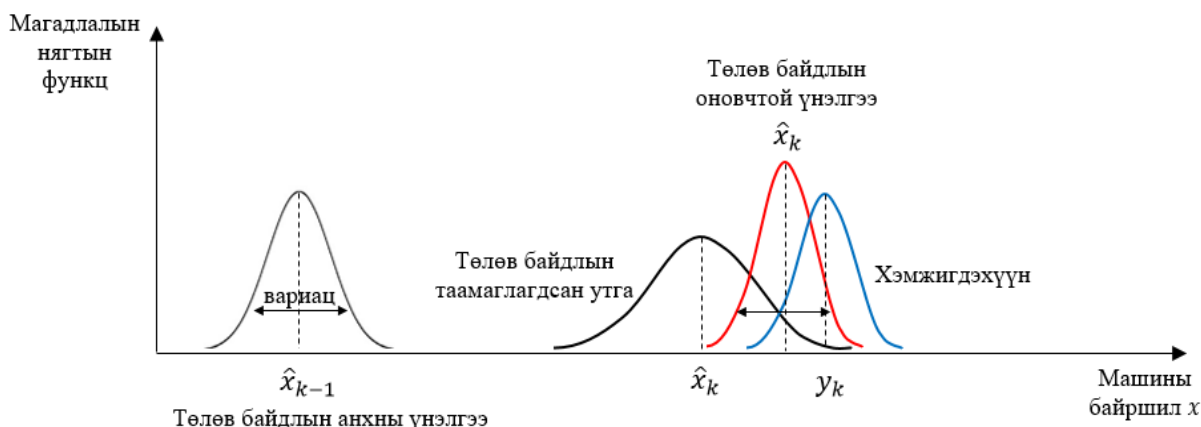
Эх сурвалж: MATLAB программын (MATLAB, 2017) цахим сургалт

Энд хөргөгчийн дулааныг T_{ext} , харин хэмжиж чадахгүй ч хэмжих шаардлагатай байгаа дотоод дулааныг T_{in} гэв. Зохих түлшний хэмжээг сансрын хөлөгт хийссэнээр дотоод дулаан буюу T_{in} хэр их болж байгааг сонирхож байгаа. Хэдий дотоод дулаанд хүрч T_{in} -г хэмжиж чадахгүй ч оронд нь T_{ext} -г хэмжих боломжтой байгаа тул хийж буй түлш болон

T_{ext} -ын хамаарлыг математик загвараар тодорхойлж чадвал түүнтэй уяад T_{in} -г ч мөн тодорхойлж чадах юм. Мөн тухайн загварт үнэлэгдсэн болон бодит утгын зөрүүгээр засвар хийх шаардлагатай болдог бөгөөд засварын утгыг K гэж тэмдэглээд Калманы ололт гэж нэрлэдэг байна.

Нөгөөтгээгүүр, мэдээллийн ялгаатай эх сурвалжуудын тооцооллыг нэгтгэн системийн төлөв байдлыг хэмжихэд Калманы шүүлтүүрийг ашиглаж байв. Өөрөөр хэлбэл олон тооны эх сурвалжаас хэмжилтийг нэгтгэн гаргах боломжийг Калманы шүүлтүүр олгодог. Тухайлбал машины байршлыг тодорхойлоход хурдатгал болон машины өнцгийн хурдыг хэмждэг инерцийн хэмжилтийн нэгж, машины харьцангуй байршлыг илэрхийлэх хурд хэмжигч, машины байршлыг тодорхойлох GPS хүлээн авагч зэргийг ашигладаг байна. Маш олон давхар байр эсвэл зузаан газрын доорх туннель зэргээр явахад GPS-ээр байршлыг тодруулах нь зөрүүтэй болдог. Энэ тохиолдолд хэдий инерцийн хэмжилтийн нэгжид итгэхийг хүссэн ч машины харьцангуй байршлыг л илэрхийлэх хэмжүүр бөгөөд энэхүү хэмжүүрээс давхар интеграл авч байж байршлыг тодорхойлох боломжтой юм. Гэвч энэ нь урт хугацаандаа хурдатгалын хуримтлагдсан зөрүүгээс шалтгаалан зөрөх хандлагатай байдаг тул байршлыг илүү сайн тодорхойлохын тулд инерцийн хэмжилтийн нэгжийг хурд хэмжигчтэй цуг ашиглах юм. Ийнхүү хурд хэмжигчээр харьцангуй байршлыг тодорхойлж, GPS-с абсолют байршлыг тодорхойлж тэдгээрийн мэдээллийг үе бүрд шинэчилж машины байршлыг нарийн тодорхойлдог байна. Энэхүү жишээ дээр Калманы шүүлтүүрийг доорх байдлаар схемчилж болно.

Зураг 1.2.2 Автомашин дахь ТБОЗ-ын хэрэглээ



Эх сурвалж: : MATLAB программын (MATLAB, 2017) цахим сургалт

Энд u_k нь өмнө тэмдэглэсэн ёсоор шууд бусаар хэмжигдэж буй үзүүлэлт, \hat{x}_k нь мэдэгдэхгүй байгаа төлөв байдлын хувьсагчдын үнэлэгдсэн утга. Хэрэв анхны төлөв байдлын хувьсагчдын үнэлэгдсэн утга нь \hat{x}_{k-1} байсан бөгөөд нэг үеийн дараа \hat{x}_k болох ба үе өнгөрөх тусам үнэлэгдсэн утгын вариаци нэмэгдэж байна. Ийнхүү үе бүрд тодорхойлогдсон үнэлэгдсэн утгын зэрэгцээ шууд бус хэмжигдэж буй u үзүүлэлтийн утга үе бүрд тодорхойлогдож байгаа. Энд төлөв байдлын хувьсагчийн оновчтой үнэлгээ нь u_k болон \hat{x}_k -ын тархалтын нэгдсэн тархалтаар тодорхойлогдох юм (MATLAB, 2017).

Харин эдийн засгийн ухаанд Калманы шүүлтүүр нь Харвэйгийн 1981 оны ажил болон Мэйнхолд, Сингпурвелла нарын 1983 оны ажлуудаар хэрэглэгдэж эхэлсэн ч хяналтын

онолын талаас нь төдий л сонирхоогүй бөгөөд 1990 оноос өмнө эдийн засаг дахь хэрэглээ маш ховор байсан юм. Тухайлбал, 1974 оны Атанс, 1982 оны Бурмаистэр болон Валл нар, 1986 оны Бурмаистэр болон бусад судлаач нар, 1989 оны Саржен, 1989 оны Басар болон Сальмон нарын цөөн хэдэн ажлыг дурдаж болно. Харин 2000 оны эхэн үе гэхэд Калманы шүүлтүүр нь эдийн засгийн ухаанд өргөнөөр хэрэглэгдэх болж, Харвейгийн сурах бичиг зэрэг ТБОЗ болон Калманы шүүлтүүрийн талаар олон тооны ном, эрдэм шинжилгээний өгүүллүүд бичигдсэн байна. Ийнхүү сүүлийн жилүүдэд эдийн засгийн ухаанд ажиглагддаггүй хувьсагчийг үнэлэх, нэг хэмжээст хугацааны цуваан өгөгдлийг таамаглах, коэффициентийг хувьсах байдлаар загварчлах, хугацааны цувааг задлах зэрэгт ихээхэн ашиглаж байна. Энэхүү бүлэгт эдгээр хэрэглээ бүрд холбогдох судалгааны ажлуудыг товч танилцуулах юм.

1.2.1 Коэффициентыг хувьсах байдлаар загварчилсан судалгааны ажлууд

Анхны газрын тосны шокоос хойш эрчим хүчний хэрэглээний эдийн засаг дахь нөлөө нь хамгийн дуулиантай асуудлын нэг болсон байдаг. Тиймээс Майрера болон Рафии нар 2014 онд Иран улсын 1967-2008 оны хоорондох эрчим хүчний хэрэглээ болон эдийн засгийн өсөлтийн хамаарлыг судлахыг зорьсон юм. Ингэхдээ тус нөлөөг Калманы шүүлтүүр ашиглан цаг хугацааны турш хувьсах байдлаар үнэлсэн бөгөөд хэмжээсийн тэгшитгэлийн тайлбарладагч хувьсагч нь эдийн засгийн өсөлт, тайлбарлагч хувьсагчид нь хөдөлмөрийн өсөлт, капиталын өсөлт болон эрчим хүчний хэрэглээний өсөлтийг авч, төлөв байдлын хувьсагчаар эрчим хүчний хэрэглээний өсөлтийг авсан байна. Судалгааны үр дүнд эрчим хүчний хэрэглээ нь ач холбогдолтой, эерэг талдаа нөлөөлж байв. Тодруулбал хамгийн сүүлийн үнэлгээний хувьд эрчим хүчний хэрэглээ 10%-иар буурахад эдийн засгийн өсөлт ойролцоогоор 0,37%-иар буурахаар байсан бөгөөд цаг хугацааны турш коэффициентын хэлбэлзэл харьцангуй бага байв (Mehraga & Rafiei, 2014).

Мөнгөний бодлогын эрх бүхий байгууллага богино хугацааны хүүний түвшнийг удирдах замаар дотоодын эрэлт болон хөрөнгө оруулалтад нөлөөлдөг. Энэ нь хүүний сувгаар дамжин үнийн тогтвортой байдалд чухал нөлөө үзүүлдэг байна. Турк улс нь 2002 онд инфляцыг онилох бодлогыг баримтлах болсон бөгөөд Сарак болон Юкан нар 2013 онд инфляцыг онилох бодлого хэрэгжүүлж эхэлснээр Турк улсын хүүний сувгийн үр ашигт байдал хэрхэн өөрчлөгдсөнийг тодруулахыг зорьжээ. Өөрөөр хэлбэл инфляцыг онилох бодлогын хүүний сувагт үзүүлэх эдийн засгийн нөлөөг тодорхойлохыг зорьсон юм. Судалгаанд Турк улсын 1990 оны 1 дүгээр улирлаас 2011 оны 3 дугаар улирал хүртэлх өгөгдлийг ашигласан бөгөөд тайлбарлагч хувьсагчдаар ДНБ-д эзлэх хэрэглээ болон хөрөнгө оруулалтын хувийг, тайлбарлагч хувьсагчдаар банк хоорондын захын хүү, ДНБ-д эзлэх засгийн газрын зардлын хувь, ДНБ-ий өсөлт, ДНБ-д эзлэх хувийн секторын зээлийн хувийг авсан байна. Ийнхүү тус 2 загварын бүх параметруудийг Калманы шүүлтүүр ашиглан хувьсах байдлаар үнэлсэн юм. Судалгааны үр дүнд инфляцыг онилох бодлого баримталснаараа 1983-2001 оны хооронд дунджаар 70,1%-тай байсан инфляц 2002-2011 оны хооронд дунджаар 11,6%-тай болсон бөгөөд инфляцыг онилох бодлого нь дан ганц инфляцыг эрчимтэй бууруулаад зогсохгүй хүүний сувгийн үр ашигтай байдлыг сайжруулсан гэсэн үр дүнд хүрсэн юм. Өөрөөр хэлбэл инфляцыг онилох

бодлого баримталснаас хойш Ираны төв банк хэрэглээ болон хөрөнгө оруулалтад, ялангуяа хэрэглээнд хүүний түвшнөөр дамжуулан үр ашигтайгаар нөлөөлөх болжээ (Saras & Ucan, 2013).

Сүүлийн жилүүдэд Шинэ Зеланд улсын мөнгөний бодлого нь хүчтэй эрэлтээс үүссэн инфляцын дарамтыг бууруулахад анхаарч ажиллаж байгаа ч энэхүү ажил нь мөнгөний бодлогын шилжих механизмын сул байдлаас болж саатаж байна гэж тодорхойлогдож байв. Иймээс Дрю болон бусад судлаач нар 2008 сүүлийн жилүүдэд Шинэ Зеланд улсын мөнгөний бодлого эрчээ алдаж байгаа эсэхийг, мөн түүнчлэн ямар өөрчлөлт бий болж байгааг нийтэд нь илрүүлэхийг зорьсон байна. Энэхүү зорилгынхоо хүрээнд филипсийн муруй, IS муруй, валютын ханшийн тэгшитгэл гэсэн 3 ялгаатай хэмжээсийн тэгшитгэлийг ашиглан мөнгөний бодлогын шилжих механизм дахь өөрчлөлтийг загварчилсан бөгөөд эдгээр тэгшитгэлүүдийн параметруудийг Калманы шүүлтүүр ашиглан хувьсах байдлаар үнэлснээр өөрчлөлтийг ажиглахыг зорьсон билээ. Гэсэн ч судалгааны үр дүнд өнөөгийн Шинэ Зеланд улсын мөнгөний бодлогын шилжих механизм нь дор хаяж 1990-ээд оны механизмтай дүйцэхүйц хүчтэй үйлчилж байв. Ийнхүү шилжих механизмын сул байдлаас үүдэн мөнгөний бодлого нөлөөгүй байгаа бус өөр шалтгаан байна гэж үзсэн бөгөөд энэ нь орон сууцны зах зээл болон том хэмжээний макро шокуудаас үүдэлтэй байж болохыг анхааруулсан байна (Drew, Karagedikli, Sethi, & Smith, 2008).

Амбергер болон Фендел нар 2017 онд Евро бүсийн 11 орны 1990 оны 1 дүгээр улирлаас 2015 оны 4 дүгээр улирал хүртэлх өгөгдлийг ашиглан улс бүрийн хувьд ТБОЗ-ын Калманы шүүлтүүрийн аргаар филипсийн муруйг хувьсах коэффициенттойгоор үнэлж, харьцуулалт хийсэн байна. Ингэхдээ төлөв байдлын хувьсагчаар хүлээгдэж буй инфляц болон ажилгүйдлийн зөрүүг тус тус авсан ба филипсийн тэгшитгэлийг гарцын зөрүүг агуулсан байдлаар мөн хувиргаж үнэлсэн байна. Судалгааны үр дүнгээс харахад хүлээгдэж буй инфляц нь инфляцын динамикт хүчтэй нөлөөлж байгаа бөгөөд инфляц болон гарцын зөрүү-ний хамаарал нь сүүлийн санхүүгийн хямралын үед хүчтэй байсан бол ажилгүйдлийн зөрүүний хамаарал нь Евро бүсийн орнуудын дунд тодорхой бус хэвээр байна. Үүнээс гадна нийт Евро бүсийн орнуудын 1990 оноос хойших инфляцын динамикийг харьцуулахад конвергенци явагдаж байв (Amberger & Fendel, 2017).

Димитру 2002 онд Румин улсын мөнгөний эрэлтийг гарц, хүүний түвшин, инфляц болон ханшийн түвшнөөр загварчилж, тус хамаарлын тогтвортой байдлыг шинжлэхдээ Калманы шүүлтүүрийг ашигласан байна. Ингэхдээ санхүүгийн либералчлалыг үл харгалзан мөнгөний эрэлтийн функцийг Румин улсын 1996-2002 оны өгдөл дээр үнэлсэн юм. Судалгааны үр дүнд мөнгөний эрэлтэд үзүүлэх хадгаламжийн хүүний нөлөө 2002 онд 1996 оныхтой харьцуулах нэмэгдсэн байв (Dumitru, 2002).

Чех улсад хийгдсэн худалдааны либералчлал, мөнгөний бодлогын зорилтын өөрчлөлт, Европын холбоонд нэгдсэн явдал, банкны салбарын нэгдэл болон сүүлийн санхүүгийн хямрал зэргээс үүдэн Чехийн эдийн засаг бүтцийн өөрчлөлтөд орсон байж болзошгүй тул Франта болон бусад судлаач нар 1996-2010 оны хоорондох мөнгөний бодлогын шилжих механизмын динамикийг ТБОЗ ашиглан шинжилсэн байна. Ингэхдээ түүний динамикийг хугацааны турш хувьсах параметртэй стохастик хэлбэлзэл бүхий VAR

загвараар загварчилж, илрүүлсэн байна. Судалгааны үр дүнд гарц болон үнийн түвшин нь мөнгөний бодлогын шокод улам ихээр хариу үйлдэл үзүүлэх болсон бөгөөд энэ нь магадгүй санхүүгийн салбарын гүнзгийрэлт, илүү тогтвортой мөнгөний бодлогын шок, нам дор инфляц бүхий эдийн засгийн хөгжлөөс хамаарсан байж болох юм. Нөгөө талаас цаг хугацааны турш валютын ханшийн суваг суларсан бөгөөд үүнийг Чех улс инфляцын хүлээлтийг удирдсанаар инфляцыг онилох бодлогын найдвартай байдлыг нэмэгдүүлсэнтэй холбож үзэж болох юм. Мөн 2000-аад онд буюу банкны бүтцийн өөрчлөлтийн үеэр зээлийн шокын үнэ болон гарцад үзүүлэх нөлөө хүчтэй байв. Ерөнхийдөө санхүүгийн салбарын тогтвортой байдлын нөлөөгөөр нийт эдийн засаг дахь санхүүгийн шок улам багасч байв (Franta, Horváth, & Rusnák, 2012).

1.2.2 Хугацааны цувааг таамаглахад ашигласан судалгааны ажлууд

Мэйфэн болон Гуохау нар 2015 онд Калманы шүүлтүүрийг ашиглан коксын үнийн шинжилгээг хийхийг зорьсон байна. Төлөв байдлын хувьсагчаар түүхэн коксын үнийг авсан бөгөөд 2009 оны 12 дугаар сарын 18-аас 2013 оны 2 дугаар сарын 1 хүртэлх өдөр бүрийн коксын үнийн мэдээллийг ашиглан богино хугацааны таамаглал хийжээ. Үр дүнд нь таамаглал үр ашигтай буюу загвараар үнэлэгдсэн утга болон ажиглагдсан утгын зөрүү бага байсан юм. Калманы шүүлтүүрээр зөвхөн нэг алхмын дараах таамаглалыг хийх боломжтой байдаг тул энэхүү загварчлалаа ашиглан 2013 оны 2 дугаар сарын 4-ний коксын үнийг таамагласан юм. Энд таамаглагдсан утга нь $1772,7 \text{ CNY } ton^{-1}$ гарсан бөгөөд бодитоор ажиглагдсан утга нь $1790 \text{ CNY } ton^{-1}$ буюу харьцангуй бага таамаглалын алдаатай байв (Meifeng & Guohao, 2015).

Хувьцааны зах зээлийн санамсаргүй, тодорхойгүй байдлын улмаас хувьцааны үнийн таамаглал хийх тохиромжтой аргазүй нэн шаардлагатай байдаг. Иймээс Шиү болон Зиан нар 2015 онд хувьцааны зах зээлийн хэлбэлзэл болон Калманы шүүлтүүрийн динамик онцлогт тулгуурлан “Changbaishan” хувьцааны үнийг загварчилжээ. Ингэхдээ 2014 оны 9 дүгээр сарын 22-оос 2014 оны 11 дүгээр сарын 4 хүртэлх 27 өдрийн хувьцааны хаалтын үнийн өгөгдөл дээр ажилласан бөгөөд үр дүнд нь хувьцааны үнийн таамаглалд Калманы шүүлтүүрийг арга нь үр ашигтай болохыг харсан юм. Тодруулбал хувьцааны хаалтын үнийн харьцангуй алдаа 4%-иас хэтрэхгүй, дунджаар 2,42%-тай байв. Гэвч харьцангуй алдааны хамгийн их хувь нь 9,84% байв. Өөрөөр хэлбэл бодит үнээс 9,84%-иар зөрүүтэй таамаглал хийсэн байв (Xu & Zhang, 2015).

Симионеску 2015 онд Румин улсын ажилгүйдлийн түвшний таамаглалыг сайжруулахын тулд Калман шүүлтүүр болон VAR загварыг ашиглан ажилгүйдлийн түвшний харьцангуй нарийвчлал бүхий үнэлгээг хийхийг зорьжээ. Ингэхдээ Румин улсын 1985-2012 оны ажилгүйдлийн түвшин болон инфляцын түвшний өгөгдлийг ашигласан ба 1985-2009 оны өгөгдөл дээр загвараа тодорхойлж 2010, 2011, 2012 онуудын ажилгүйдлийн түвшнийг дараалан таамагласан байна. Загварын хувьд 2 ялгаатай Калманы загвар, тэдгээрийг Ходрик-Прескотын шүүлтүүрээр засварласан мөн 2 ялгаатай загвар болон VAR-ын ялгаатай шокууд бүхий 4 загвар гээд нийт 8 загварыг дунджийн квадрат алдаа, дундаж алдаа, дундаж абсолют алдаа зэргээр нь хооронд нь харьцуулсан байна. Судалгааны үр дүнд бүхий л харьцуулалтын хувьд Калманы шүүлтүүрийн

таамаглал нь VAR загварын таамаглалаас их алдаатай үнэлж байсан бөгөөд ажилгүйдлийн түвшнийг бодит түвшнөөс доогуур тооцож байв (Simionescu M. a., 2015).

Ли болон Мур нар 2008 онд ТБОЗ-ыг ашиглан цахим хуудасны үзэлтийн тоог таамагласан байна. Ингэхдээ богино болон урт хугацаанд ялгаатай аргаар таамаглал хийсэн ба богино хугацааны таамаглалаа ТБОЗ-аар загварчилж, Холт-Винтерийн аргазүйн дарааллаар үнэлсэн юм. Ийнхүү үнэлснээр веб хуудасны үзэлт зарим тохиолдолд хүчтэй өөрчлөгддөг ба урт хугацааны дараа их хэмжээний таамаглалын алдааны шалтгаан болдог байна. Тиймээс энэ мэтчилэн өөрчлөлтийг урьдчилан таамагласнаар хохирлыг бууруулах аргачлалыг боловсруулах боломжтой гэж дүгнэжээ (Li & Moore, 2008).

1.2.3 Хугацааны цувааг задлахад ашигласан судалгааны ажлууд

Хуанг 2010 онд ТБОЗ-ыг ашиглан Тайван улсын бодит үндэсний нийт бүтээгдэхүүний улирлын өгөгдлийг сараар задлахыг зорьжээ. Ингэхдээ Тайван улсын улирлын нөлөөг засварласан БДНБ-ий 1961 оны 1 дүгээр улирлаас 2006 оны 4 дүгээр улирал хүртэлх өгөгдлийг ашигласан ба 1961 оны 1 дүгээр улирлаас 2006 оны 2 дугаар улирал хүртэлх өгөгдлийг шинжилгээнд, үлдсэн 2006 оны 4 дүгээр улирал хүртэлх өгөгдлийг таамаглалд ашигласан байна. Ингэхдээ цувааг стационар бус ARIMAX процессын ТБОЗ-аар хэлбэрээр үнэлсэн бөгөөд хамаарал бүхий сарын өгөгдлөөр аж үйлдвэрийн бүтээгдэхүүний индексийн өөрчлөлтийг авсан байв. Тус аргазүйн найдвартай байдлыг харьцуулах үүднээс уламжлалт Чоу болон Лин (1971), Фернандез (1981), Лиддерман (1983), Бүү болон бусад (1967) нарын хугацааны цувааг задлах аргаар мөн задалж, үр дүнг харьцуулсан болно. Судалгааны үр дүнд дээрх аргуудаар таамаглал хийж дунджийн квадрат алдаагаар нь харьцуулахад ТБОЗ-аар загварчилсан үнэлгээ хамгийн бага дунджийн квадрат алдаатай байв. Мөн түүнчлэн найдвартай байдлыг илүү сайн шалгахын тулд жилийн өгөгдлийг улирал руу шилжүүлэн бодит ажиглагдсан улирлын өгөгдөлтэй нь харьцуулсан байна. Ингэхэд Чоу болон Лин, Фернандез, Лиддерман, Бүү болон бусад нарын үнэлгээний дунджийн квадрат алдаа харгалзан $3,1537E+09$, $3,1234E+09$, $3,0851E+09$, $2,8712E+09$ байхад Калманы шүүлтүүрээр загварчилсан үнэлгээний дунджийн квадрат алдаа нь $2,0425E+09$ байсан тул тус загвараар улирлын нөлөөг засварласан сарын БДНБ-ийг тооцсон байна (Huang, 2010).

Сержиү 2004 онд зардлын аргаар Ямаик улсын 1991-2002 оны улирлын БДНБ-ийг тооцсон байна. Тодруулбал Ямаик улсын ДНБ нь зардалд суурилсан аргаар, зөвхөн мөн үеийн дүнгээр жил бүр тооцогддог юм. Тиймээс энэхүү судалгаагаараа боломжит жилийн ДНБ-ийг улирлаар задалж, мөн тогтмол үнэ рүү шилжүүлэхийн тулд тохиромжтой дефляторын утгыг тооцсон байна. Ингэхдээ дээрх үнэлгээг ТБОЗ болон харьцангуй уламжлалт арга болох Дентон ХБК аргуудаар үнэлж, харьцуулсан байна. ТБОЗ-аар үнэлэхдээ зардлын аргаар тооцоход оролцдог бүрэлдэхүүн бүрийг хугацааны цуваагаар задалж, тэрхүү утгуудыг нэмэх байдлаар улирлын ДНБ-ийг гарган авсан юм. Ингэхдээ хамаарал бүхий сарын үзүүлэлтээр бүрэлдэхүүн бүрийн боломжит жишиг цуваануудын хамгийн өндөр корреляцитайгуудыг сонгож, харгалзах бүрэлдэхүүнийг задлахад ашиглаж байв. Судалгааны үр дүнд ТБОЗ нь хугацааны цувааны хэлбэлзлийг жигдрүүлэн үнэлгээ хийдэг тул ДХБК арга нь ТБОЗ-ын үнэлгээнээс илүү үзүүлэлтийн

өөрчлөлтийг дагаж байсан ба VI индексийн хувьд ТБОЗ-ыг бодвол илүү тогтвортой буюу нийцтэй үнэлгээг өгч байв. Гэсэн хэдий ч 1997 оны 1 дүгээр улирлаас 2002 оны 4 дүгээр улирлын хооронд таамаглал хийхэд ТБОЗ-ын үнэлгээний дунджийн квадрат алдаа, язгуур дунджийн квадрат алдаа, Тейлийн U-статистикийн утгууд ДХБК аргатай харьцуулахад бага байв. Ийнхүү тус судалгаагаар ДХБК арга нь Ямайк улсын ДНБ-ийг задлахад илүү тохиромжтой гэсэн үр дүнд хүрсэн байв (Serju, 2004).

Тайсдемиш 2008 онд ТБОЗ ашиглан 1989-2007 оны хоорондох Турк улсын БДНБ-ий сараарх үнэлгээг байгуулахыг зорьсон байна. Ингэхдээ хугацааны цувааг задлах Чоу болон Лин (1971), Фернандез (1981), Лиддерман (1983), Чоу болон Лин нарын загварын динамик өргөтгөл болох авторегрессив тархсан хожимдолтой загваруудыг өөртөө агуулсан ТБОЗ-ыг байгуулсан юм. Ингэхдээ хамаарал бүхий сарын үзүүлэлтээр боловсруулах үйлдвэрлэлийн индекс, экспорт, импортыг авсан бөгөөд жилээс улирал руу задлах дээрх загваруудыг язгуур дунджийн квадрат алдаагаар харьцуулсан байна. Судалгааны үр дүнд ТБОЗ-аар загварчилсан ARDL(1;1) загвар нь хамгийн оновчтой байв. Тус загварын ХИҮХБ утга нь -564,251 бөгөөд AR(1)-ийн параметр 0,111 байсан бөгөөд тус загвараар улирлын нөлөөг засварласан сарын БДНБ-ийг тооцсон байна (Taşdemir, 2008).

Рүд 2008 онд Нидерланд улсын хувийн тогтмол капиталын улирлын индексийг сарын өгөгдөл болгон задлахыг зорьсон юм. Ингэхдээ уламжлалт цуваа задлах аргууд болох авторегрессив процессыг агуулсан ARDL, Литермэн-Фернандезийн загвар, “Local linear” загваруудыг ТБОЗ ашиглан илүү орчин үеийн хэлбэртэйгээр үнэлсэн юм (Ruth, 2008). Ингэхдээ хамаарал бүхий сарын үзүүлэлтээр импортын үзүүлэлтүүд, НӨАТ-ын үйлчилгээ, 10 жилийн хугацаатай бондын өгөөж, хүчин чадлын ашиглалт, боловсруулах үйлдвэрлэлийн индексүүдийг авсан байна. Судалгааны үр дүнд ТБОЗ хэлбэртэй “Local linear” загварын ARMAX хэлбэр нь хамгийн үр ашигтай байсан тул тус загвараар сарын хувийн тогтмол капиталын индексийг тооцсон байна (Ruth, 2008).

Ислэр болон Нойтини нар 2016 онд ТБОЗ ашиглан Бразил улсын БДНБ-ийг сараар тооцсон юм. Ингэхдээ 1980-2012 оны эрчим хүчний эрэлт, гангийн үйлдвэрлэл, цементийн үйлдвэрлэл, тээврийн хэрэгслийн үйлдвэрлэл, аж үйлдвэрийн үйлдвэрлэл болон борлуулалт гэсэн 6 хувьсагчийн сарын өгөгдлийг ашиглан хугацааны цувааг задлахад ашиглагддаг уламжлалт 6 загварыг ТБОЗ-аар загварчилжээ. Судалгааны үр дүнд ТБОЗ-аар загварчилсан AR(1) алдаатай, статик загвар нь хамгийн үр ашигтай загвар байсан бөгөөд холбогдох сарын үзүүлэлтээр аж үйлдвэрлэлийн үйлдвэрлэл болон борлуулалт гэсэн хувьсагч ач холбогдолтой байв. Тус загварын үнэлгээг бусад эдийн засгийн агентуудын тооцоолол, эдийн засгийн огцом уналтуудтай харьцуулан дүгнэсэн юм. Мөн түүнчлэн ТБОЗ ашиглан тооцсон улирлын өгөгдлийг тооцож, 2007 оны 4 дүгээр улирлаас 2011 оны 4 дүгээр улирал болон 2010 оны 4 дүгээр улирлаас 2011 оны 4 дүгээр улирал хүртэл тус тус таамаглал хийж, үр дүнг Бразилын Төв банкны тооцоолон гаргадаг эдийн засгийн үйл ажиллагааны индекстэй харьцуулахад ТБОЗ-ын таамаглалын дунджийн квадрат алдаа нь харгалзан 0,06 болон 0,19%-иар бага байв (Issler & Notini, 2016).

1.2.4 Ажиглагддаггүй хувьсагчийг үнэлэхэд ашигласан судалгааны ажлууд

Игэн болон Ледин нар 2016 онд БНХАУ-ын мөнгөний бодлого болон бодит эдийн засгийн хамаарлыг судлахын тулд IS муруйн өргөтгөсөн хувилбарыг үнэлсэн юм. Ингэхдээ тус IS муруйг мөнгөний бодлогын индекс ашиглан загварчилсан бөгөөд тус индексийг Калманы шүүлтүүр ашиглан тооцсон байна. Тодруулбал мөнгөний эрэлтийн функцийг хэмжээсийн тэгшитгэлээр авч, төлөв байдлын хувьсагчаар мөнгөний бодлогын индексийг авсан юм. Энд мөнгөний эрэлтийн функцийн тайлбарлагдагч хувьсагчаар M2 мөнгөний өөрчлөлт, тайлбарлагч хувьсагчаар ханшийн түвшин, суурь хүү, нөөцийн шаардлага, зээлийн хүү, хадгаламжийн хүү, ДНБ болон мөнгөний бодлогын индексийг авсан байв. Ийнхүү үе бүрд тооцсон мөнгөний бодлогын индексийг ашиглан өргөтгөсөн IS муруйг байгуулж, шинжилсэн байна (Egan & Leddin, 2016).

Симионеску 2014 онд Румин улсын 2013 оны 3-р улирлын хэвийн ажилгүйдлийн түвшнийг үнэлсэн байна. Ингэхдээ хэмжээсийн тэгшитгэлийг $U_t = U_t^{nat} + \alpha_t$ байдлаар загварчилж, төлөв байдлын хувьсагчийг U_t^{nat} -аар сонгосон байна. Судалгааны үр дүнд Румин улсын хэвийн ажилгүйдлийн түвшин 2013 оны 7-р сард 5,88%-иар таамаглагдсан бол 8-р сард 5,87 болж, 9-р сард 5,85% болж буурсан байна (Simionescu M. b., 2014)

Фиценбергер болон бусад судлаач нар 2007 онд Калманы шүүлтүүрийг ашиглан инфляцыг үл хурдасгах ажилгүйдлийн түвшнийг тооцсон байна. Судалгааны үр дүнд 2007 оны байдлаар Герман улсын ИҮХАТ 7%-тай байсан ба 1990 оноос хойш өсөлт ажиглагдаагүй байв. Мөн Германы ИҮХАТ нь түүхий эд материалын импортын харьцангуй үнэ зэрэг нийлүүлэлтийн талын шокоос илүүтэй хамаарч байв (Fitzenberger, Franz, & Bode, 2007).

Рустичеллий 2014 онд филлипсийн муруйн тэгшитгэлийг ашиглан Калманы шүүлтүүрийн аргазүйгээр ИҮХАТ-ын утгыг OECD-ийн 11 орны хувьд тооцсон байна. Судалгааны үр дүнг ИҮХАТ-ийг тооцдог хуучин аргатай харьцуулахад илүү уян хатан байсан боловч улс бүрд харилцан ижилгүй байв. Тухайлбал, евро бүсийн хэсэг орон болох Грек, Ирланд, Итали, Португал, Испани улсуудын хувьд тооцсон ИҮХАТ нь хуучин аргаас дунджаар 1,75%-иар их гарсан байна. Харин Италиас бусад G-7-ийн орнуудын үнэлгээнд төдийлөн өөрчлөлт ороогүй байна (Rusticelli, 2014).

Ивановик 2015 онд Бүгд Найрамдах Македон улсын 1998-2013 оны ажил эрхлэлт болон бүртгэгдээгүй эдийн засгийн үйл ажиллагааг Калманы шүүлтүүр ашиглан тооцохыг зорьсон юм. Ингэхдээ 3 ялгаатай хэмжээсийн тэгшитгэл байгуулж, тухай бүрийн тайлбарлагч хувьсагчид бүртгэгдээгүй эдийн засгийн үйл ажиллагааг төлөв байдлын хувьсагчаар оруулсан байв. Мөн түүнчлэн төлөв байдлын хувьсагч болох бүртгэгдээгүй эдийн засгийн үйл ажиллагаанд татварын дарамт, бизнесийн зохицуулалт, засаглалын чанар болон эргэлтэд байгаа бэлэн мөнгө, гадаад валют, эрчим хүчний хэрэглээ нөлөөлнө гэж үзжээ. Ийнхүү бүртгэгдээгүй эдийн засгийн үйл ажиллагааг тооцсоны дараа ажил эрхлэлт, эдийн засгийн үйл ажиллагааны харьцаа гэсэн өргөн хүрээний утгыг ашиглан бүртгэгдээгүй хөдөлмөрийг тооцоолон гаргасан юм. Эцэст нь бүртгэгдээгүй ажил эрхлэлтийг тооцсоноор Бүгд Найрамдах Македон улсын бодит ажилгүйдлийн түвшнийг тооцсон байна. Судалгааны үр дүнд Македон улсын бүртгэгдээгүй эдийн засгийн үйл

ажиллагаа 1990 оны сүүлээр албан ёсны ДНБ-ийн 34% байсан бол 2010 онд 10% болж буурсан байв. Мөн түүнчлэн бүртгэгдээгүй ажил эрхлэлт 1990 оны сүүлээр 160-200'000 байсан бол 2010 онд 70-90'000 болж буурсан байна. Цаашилбал ажилгүйдлийн бодит түвшин 2013 онд 20-22% орчим байсан нь албан ёсны бүртгэлтэй хувиас даруй 7-8%-иар бага байв (Jovanovic, 2015).

1.3 ТБОЗ болон Калманы шүүлтүүртэй холбоотой хийгдсэн монгол судалгааны ажлууд

Б.Мөнхзул 2014 онд SVAR загварыг ашиглан 2000-2014 оны валютын ханшийн инфляцад үзүүлэх нөлөөг тооцоолох, цаашлаад ТБОЗ ашиглан валютын ханшийн инфляцад үзүүлэх нөлөөг хугацааны туршид хэрхэн өөрчлөгдсөнийг тодорхойлохыг зорьжээ. Судалгааны үр дүнд тэгш хэмтэйгээр үнэлсэн SVAR загвараар төгрөгийн нэрлэсэн үйлчилж буй ханшийн жилийн өсөлт 1 нэгжээр буурахад буюу сулрахад 2-12 сарын хоцролттойгоор жилийн инфляцыг 0.45 нэгжээр нэмэгдүүлж байв. Харин цаг хугацааны хувьд валютын ханшийн инфляцад үзүүлэх мэдрэмжийн коэффициентийн динамикийг судлахад тус үзүүлэлтийн утга дэлхийн санхүү эдийн засгийн хямралын өмнөх үед өндөр байсан бол хямралын дараа буурсан хандлага ажиглагдаж байжээ (Б.Мөнхзул, 2014).

Р.Сугархүү 2014 онд Монголын Хөрөнгийн Биржид хувьцаа нь арилжаалагдаж буй 3 хувьцаат компанийн өгөөжийн бета коэффициентыг үнэлэхийг зорьсон юм. Ингэхдээ тэдгээр компаниудын 2007 оны 7 дугаар сараас 2014 оны 1 дүгээр сар хүртэлх өгөгдлийг ашиглан Калманы шүүлтүүрийн аргаар хувьсах коэффициенттой CAPM загварыг үнэлсэн байна. Судалгааны үр дүнд Калманы шүүлтүүр нь зах зээлийн эрсдэлийн хэмжүүр болох бета коэффициентыг илүү бодитой, мэдрэмтгийгээр үнэлсэн бөгөөд “Могойн гол” ХК-ий хувьд сүүлийн жилүүдэд бета коэффициент нэмэгдэж, “Мах Импекс” ХК-ий хувьд буурч, харин “Талх чихэр” ХК-ий хувьд харьцангуй тогтвортой ч бага зэрэг нэмэгдсэн байв (Р.Сугархүү, 2014).

Э.Энхмэнд 2015 онд ТБОЗ-ыг онолын хүрээнд судалж, инфляц болон ханшийн хөдөлгөөнийг ТБОЗ-аар дамжуулан тайлбарлах, хөрөнгийн үнийн эрсдэлийг тооцоолох эмпирик судалгаануудыг хийсэн байна (Э.Энхмэнд, 2015).

1.4 ТБОЗ ба Калманы шүүлтүүртэй холбоотой сурах бичгүүд

Өдгөө ТБОЗ болон Калманы шүүлтүүрийг олон төрлийн салбарт өргөн хүрээний асуудал шийдвэрлэхэд ашиглаж байгаа бөгөөд 1989 оны Харвэйгийн сурах бичиг хэвлэгдсэнээс хойш онолын сурах бичгүүд олноор хэвлэгдсэн байна. Тухайлбал Командоур болон Күүпмэн нарын “An Introduction to State Space Time Series Analysis” (Commandeur & Koopman, 2007), Сай “Analysis of Financial Time Series” (Tsay, 2010), Косалс нарын “State-Space Methods for Time Series Analysis” (Casals, Garcia-Hiernaux, Jerez, Sotoca, & Trindade, 2016), Зьян болон Виу нарын “State-Space Models: Applications in Economics and Finance” (Zeng & Wu, 2013), Дурбин болон Күүпмэн нарын “Time Series Analysis by State Space Methods” (Durbin & Koopman, 2012) зэрэг номууд юм.

II БҮЛЭГ. ОНОЛЫН УХАГДАХУУН БА ЗАГВАР

2.1 Төлөв байдлын огторгуйн загвар

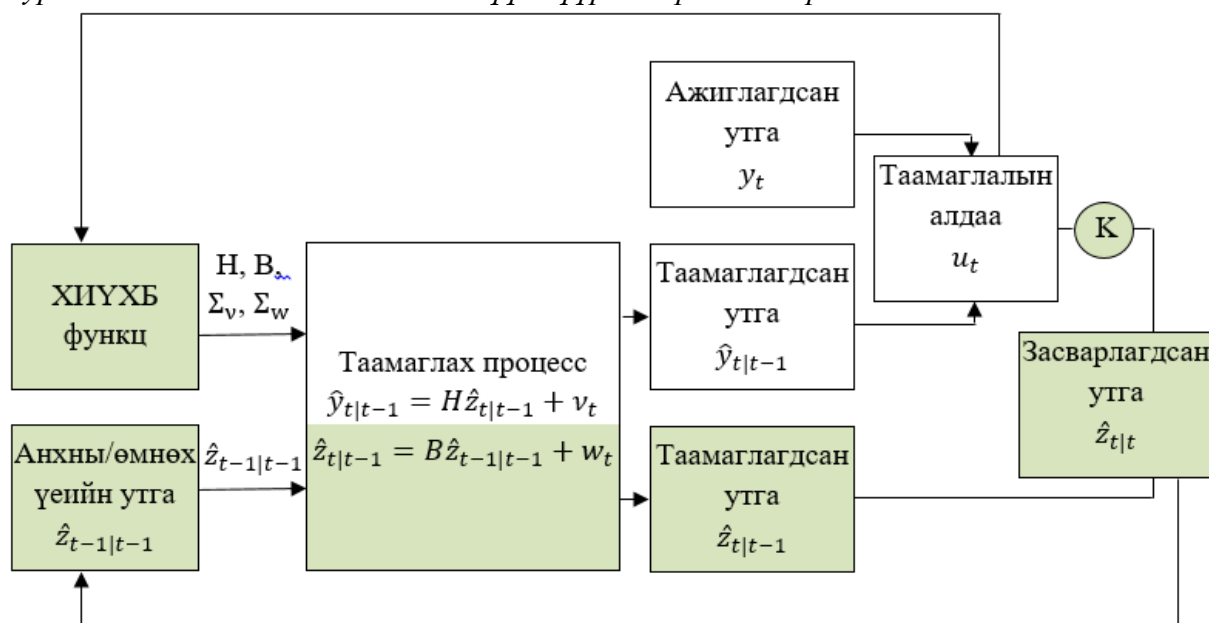
ТБОЗ нь ажиглагдахуйц бус төлөв байдлын хувьсагчдын вектор $\{z_t\}_{t=1}^T$ -ээр ажиглагдсан хамааран хувьсагч $\{y_t\}_{t=1}^T$ -г загварчлах боломжийг олгодог юм. Энгийн шугаман ТБОЗ нь дараах байдлаар бичигдэнэ.

$$y_t = H_t z_t + v_t \quad v_t \sim N(0; \Sigma_v) \quad (1)$$

$$z_t = B_t z_{t-1} + w_t \quad w_t \sim N(0; \Sigma_w) \quad (2)$$

(1) тэгшитгэлийг хэмжээсийн тэгшитгэл гэх бөгөөд ажиглагдсан цуваа y_t болон ажиглагдахуйц бус төлөв z_t -ийн хамаарлыг илэрхийлнэ. Ерөнхий тохиолдолд y_t өгөгдөл нь алдаатай хэмжигддэг гээд хэмжээсийн алдааг v_t гэж тэмдэглэв. Тогтсон хандлага ёсоор v_t -г Гауссын алдаа гээд $v_t \sim N(0; \Sigma_v)$ гэж үзнэ. (2) тэгшитгэлийг төлөв байдлын тэгшитгэл гэх бөгөөд стохастик шинэчлэлийн процесс w_t -ээр тодорхойлогдох төлөв байдлын хувьсагчдын хувьслыг илэрхийлнэ. w_t -г мөн адил Гауссын алдаа гээд $w_t \sim N(0; \Sigma_w)$ гэж тодорхойлно. ТБОЗ-ын үнэлгээний ерөнхий зарчмыг доорх схемээр нэгтгэн харууллаа. Энд ногооноор будагдсан талбайн тооцооллууд нь Калманы шүүлтүүрт харьяалагдах бөгөөд таамаглах процесс дохь хоёр тэгшитгэл нь дээр тодорхойлсон ТБОЗ юм. Мөн түүнчлэн таамаглалын алдаа u_t -г цаашид *шинэчлэл*, түүний вариацийг *шинэчлэлийн ковариацийн матриц* гэж нэрлэх бол K -г *Калманы ололт* гэх юм. Эдгээртэй холбогдох ойлголтыг Калманы шүүлтүүрийг тооцох үе шатуудад дэлгэрэнгүй танилцуулах юм.

Зураг 2.1.1 ТБОЗ болон Калманы шүүлтүүрийн ерөнхий зарчим



Эх сурвалж: Судлаачын зураглал

2.2 Төлөв байдлын огторгуйн загварыг үнэлэх Калманы шүүлтүүрийн арга

ТБОЗ-ыг үнэлэхийн тулд шийдвэрлэх ёстой нэгэн асуудал нь бодит байдал дээр системийн \mathbf{H} болон \mathbf{B} матрицууд, Σ_v болон Σ_w вариаци-ууд мэдэгдэхгүй байх явдал юм. Нөгөө талаас тайлбарлагч хувьсагч ажиглагдахуйц бус тул ХБК аргаар эдгээрийн үнэлгээг хийх боломжгүй юм. Энэ тохиолдолд ХИҮХБ аргад тулгуурлан ажиглагдсан $\{y_t\}_{t=1}^T$ –ийн магадлалыг хамгийн их байлгахуйцаар дээрх параметруудийг тооцох боломжтой бөгөөд тус ХИҮХБ функцийг байгуулах боломжийг Калманы шүүлтүүр олгодог байна.

Өөрөөр хэлбэл $\{y_t\}_{t=1}^T$ өгөгдөл ажиглагдсан бөгөөд ТБОЗ нь (1) ба (2) тэгшитгэлийн хэлбэртэйгээр тодорхойлогдсон гэж үзье. Загварын параметрийн үндэслэл бүхий утгуудыг $\mathbf{H}^*, \mathbf{B}^*, \Sigma_v^*, \Sigma_w^*$ гээд нийтэд нь $\delta = \{\mathbf{H}^*, \mathbf{B}^*, \Sigma_v^*, \Sigma_w^*\}$ параметр гэе. δ параметрийн хувьд ТБОЗ-тай уялдсан түүврийн нягтын функц буюу ХИҮХ-ийг $f(y_1, y_2, \dots, y_T; \delta)$ гээд энэхүү функцээс тухайн уламжлалуудыг авахад δ параметрийн утга тодорхойлогдох юм. Бейсийн теорем ёсоор ХИҮХБ функц дараах байдлаар тодорхойлогдоно.

$$\begin{aligned} f(y_1, y_2, \dots, y_T; \delta) &= f(y_1, \delta) \cdot f(y_2|y_1, \delta) \cdot f(y_3|y_2, y_1, \delta) \dots f(y_T|y_{T-1}, \dots, y_1, \delta) \\ &= \prod_{t=1}^T f(y_t|y^{t-1}, \delta) \end{aligned} \quad (3)$$

Энд $y^0 = \emptyset$ бөгөөд $t \geq 2$ үед $y^{t-1} = (y_1, y_2, \dots, y_{t-1})$ байна. Дээрх ХИҮХБ функцийг хувиргаж дараах хэлбэрээр бичиж болно.

$$\ln L(y^T, \delta) = \sum_{t=1}^T \ln f(y_t|y^{t-1}, \delta) \quad (4)$$

Энэхүү ХИҮХБ функцийг байгуулахын тулд $t = 1, 2, \dots, T$ үе бүр дэх нягтын функц $f(y_t|y^{t-1}, \delta)$ -г олох шаардлагатай юм. Систем нь шугаман бөгөөд алдаа нь Гауссынх бол Калманы шүүлтүүрийн (1960) аргыг ашиглаад дээрх зорилгод хүрэх боломжтой байдаг. Тодруулбал, Калманы шүүлтүүр нь ХИҮХБ функцийг тооцоход шаардлагатай шинэчлэл болон шинэчлэлийн ковариацийн матрицыг бэлдэж өгнө. Калманы шүүлтүүр нь дараах алхмуудын дагуу хэрэгждэг, дараалан дөхөх процесс юм.

- Анхны утгыг байгуулах
- Таамаглах
- Засварлах
- ХИҮХБ функцийг байгуулах

2.2.1 Анхны утгыг байгуулах:

Калманы шүүлтүүрийн анхны төлөв $z_{0|0}$ болон үүний ковариацийн матрицын үнэлгээ болох $\Sigma_{0|0}^z = E[(z_0 - z_{0|0})(z_0 - z_{0|0})^T]$ -ний хамгийн сайн таамаглалыг байгуулснаар анхны утга тодорхойлогдох юм. Гэсэн хэдий ч бодит байдал дээр ихэвчлэн анхны утга тодорхойгүй байдаг. Энэ тохиолдолд таамаглалын утгыг 0, түүний вариацийг өндрөөр өгссөнөөр хэд хэдэн алхмын дараа бодит үнэлгээрүүгээ нийлэх юм. Өөрөөр хэлбэл Калманы шүүлтүүр, түүний үр дүнд анхны нөхцөл тийм ч нөлөөтэй байдаггүй (Punales, 2011). Гэсэн хэдий ч анхны утгыг илүү үндэслэлтэйгээр өгөх нь бодит утга руу илүү хурдан нийлэх нөхцөлийг бүрдүүлдэг байна. Тухайлбал анхны утгаар ХБК аргаар тодорхойлогдсон тогтмол утга болон түүний вариацийг өгч болдог.

2.2.2 Таамаглах

t үеийн хувьд $z_{t-1|t-1}$ болон $\Sigma_{t-1|t-1}^z$ -г төлөв байдлын тэгшитгэлтэй хамт хэрэглэвэл дараах таамаглалын тэгшитгэл үүсэх юм. Энэхүү тэгшитгэлд өмнөх үеийн төлөв байдлын утга болон вариацийг орлуулж, дараа үеийн төлөв байдлын утга болон вариацийн таамаглалыг хийх юм.

$$z_{t|t-1} = B_t z_{t-1|t-1} \quad (5)$$

$$\Sigma_{t|t-1}^z = B_t \Sigma_{t-1|t-1}^z B_t^T + \Sigma_w^z \quad (6)$$

Дээрх тэгшитгэлээс тодорхойлогдсон таамаглагдсан төлөв байдлын хувьсагчийг ТБОЗ-г ашигласнаар ажиглалтын хувьсагчийн таамаглалыг хийх боломжтой бөгөөд бодит ажиглагдсан утга ажиглалтын хувьсагчийн таамаглалын зөрүүгээр шинэчлэл, шинэчлэлийн ковариацийн матриц байгуулагдаж, ХИҮХБ функц үнэлэгдэх юм.

2.2.3 Засварлах

Ажиглагдсан y_t өгөгдлийг ашиглан төлөв байдлын таамаглагдсан утга $z_{t|t-1}$ болон түүний вариаци $\Sigma_{t|t-1}^z$ -г *Калманы тэгшитгэл* (1960)-ээр засварлах боломжтой бөгөөд энэ нь дараа үеийн төлөв байдлын хувьсагчийн таамаглалд ашиглагдах билээ.

$$z_{t|t} = z_{t|t-1} + K_t(y_t - y_{t|t-1}) = z_{t|t-1} + K_t(y_t - H z_{t|t-1}) \quad (7)$$

$$\Sigma_{t|t}^z = \Sigma_{t|t-1}^z - K_t(\Sigma_v + H \Sigma_{t|t-1}^z H^T) K_t^T \quad (8)$$

Энд төлөв байдлын утгыг засварлахад ашиглагдсан K_t -г өмнө дурдсанчлан Калманы ололт гэх бөгөөд энэ нь товчхондоо ажиглалтын утгад итгэх жин юм. Өөрөөр хэлбэл ажиглалтын утга вариаци багатай байх тусам түүнд итгэх байдал нэмэгдэж Калманы ололтын утга өсдөг байна. Харин эсрэг тохиолдолд ажиглалтын утгын вариаци их байх тусам түүнд итгэх байдал буурч Калманы ололтын утга буурдаг юм. Цаашилбал $K_t = 0$ тохиолдолд ажиглагдахуйц бус төлөв байдлын хувьсагч нь таамаглагдсан утгаараа шууд тодорхойлогдох юм. Калманы ололт K_t дараах байдлаар тодорхойлогдоно.

$$K_t = \frac{\Sigma_{t|t-1}^z H^T}{H \Sigma_{t|t-1} H^T + \Sigma_v} \quad (9)$$

Дээрх томьёонуудын цаана байх ойлголт нь маш энгийн юм. Тодруулбал засварлагдсан таамаглал нь өмнөх үед таамагласан $\mathbf{z}_{t|t-1}$ болон өнөө үеийн таамаглалын алдаа $(\mathbf{y}_t - \mathbf{y}_{t|t-1})$ -ийн шугаман нэгдэл юм. Энэхүү шугаман нэгдэлд K_t нь таамаглалын алдааны вариацийг хамгийн бага байлгахар сонгогдож байгаа. Ийнхүү үргэлжлүүлэн ХИҮХБ функцээ байгуулах юм.

2.2.4 ХИҮХБ функцийг байгуулах

Калманы шүүлтүүрээр таамаглагдсан төлөв байдлын утга $\mathbf{z}_{t|t-1}$ -г ашиглан $\mathbf{y}_{t|t-1} = H\mathbf{z}_{t|t-1}$ гэсэн хэмжээсийн хувьсагчийн таамаглалыг хийх боломжтой бөгөөд ажиглагдсан хэмжээсийн хувьсагч \mathbf{y}_t -ийн хувьд таамаглалын алдаа дараах байдалтай болно. Энэхүү таамаглалын алдааг өмнө дурдсанчлан шинэчлэл гэх бөгөөд түүний вариацийг шинэчлэлийн ковариацийн матриц гэж нэрлэнэ.

$$\mathbf{u}_t = \mathbf{y}_t - \mathbf{y}_{t|t-1} = \mathbf{y}_t - H\mathbf{z}_{t|t-1} = H\mathbf{z}_t + \mathbf{v}_t - H\mathbf{z}_{t|t-1} = \mathbf{v}_t + H(\mathbf{z}_t - \mathbf{z}_{t|t-1}) \quad (10)$$

Гауссын алдааны улмаас $\mathbf{u}_t \sim N(0, \Sigma_v + H\Sigma_{t|t-1}^z H^T)$ болно. Цаашилбал $\mathbf{y}_t = \mathbf{u}_t + \mathbf{y}_{t|t-1}$ буюу $f(\mathbf{y}_t | \mathbf{y}^{t-1}, \delta) = f(\mathbf{u}_t, \delta)$ гэж бичиж болно. Ийнхүү ХИҮХБ функцийг байгуулахын тулд $t = 1, 2, \dots, T$ үе бүр дэх нягтын функц $f(\mathbf{y}_t | \mathbf{y}^{t-1}, \delta)$ -г олох шаардлагатай байсан бөгөөд өгөгдсөн $\mathbf{z}_{t-1|t-1}$ болон $\Sigma_{t-1|t-1}^z$ тусламжтайгаар $f(\mathbf{y}_t | \mathbf{y}^{t-1}, \delta)$ функцийг хэвийн нягтын функцээр тодорхойлж болох юм.

$$f(\mathbf{y}_t | \mathbf{y}^{t-1}, \delta) = \frac{1}{\sqrt{(2\pi)^{n_y} |\Sigma_v + H\Sigma_{t|t-1}^z H^T|}} \exp\left(-\frac{\mathbf{u}_t^T (\Sigma_v + H\Sigma_{t|t-1}^z H^T)^{-1} \mathbf{u}_t}{2}\right) \quad (11)$$

Үр дүнд нь $\mathbf{z}_{t-1|t-1}$ болон $\Sigma_{t-1|t-1}^z$ -г ашиглан $f(\mathbf{y}_t | \mathbf{y}^{t-1}, \delta)$ функцийг тодорхойлсонтой адилаар $\mathbf{z}_{t|t}$ болон $\Sigma_{t|t}^z$ -г ашиглан $f(\mathbf{y}_{t+1} | \mathbf{y}^t, \delta)$ -г тооцох боломжтой бөгөөд $\mathbf{z}_{t|t}$ болон $\Sigma_{t|t}^z$ -г Калманы ололт ашиглан Калманы шүүлтүүрийн засварлах хэсэгт тодорхойлсон юм. Ийнхүү дээрх байдлаар тодорхойлогдсон үе бүрийн нягтын функцүүдийн үржвэрээр ХИҮХБ функц байгуулагдах бөгөөд тус функц нь дараах байдлаар тодорхойлогддог байна.

$$\begin{aligned} \ln \mathcal{L}_{\delta | \mathbf{y}} &= \ln L(\mathbf{y}^T, \delta) = -\frac{N}{2} \log 2\pi - \\ &- \frac{1}{2} \sum_{t=1}^N \log(|\Sigma_v + H\Sigma_{t|t-1}^z H^T|) - \frac{1}{2} \sum_{t=1}^N \mathbf{u}_t^T (\Sigma_v + H\Sigma_{t|t-1}^z H^T)^{-1} \mathbf{u}_t \end{aligned} \quad (12)$$

Дээрх ХИҮХБ функцийг максимумчилсанаар ТБОЗ-ын параметрууд тодорхойлогдох юм. Ийнхүү дээрх тооцооллын үр дүнд δ_t параметр нь дараа үеийн тооцоололд ашиглагдахад бэлэн болж байгаа юм. Мөн түүнчлэн өмнөх үеийн параметр δ_{t-1} -г шинэ тооцсон параметр δ_t -ээр шинэчлэх тусгайлсан хэд хэдэн аргууд байдаг бөгөөд тэдгээрийн давуу болон сул талуудыг доор тайлбарлав.

III БҮЛЭГ. ЭМПИРИК ШИНЖИЛГЭЭНИЙ АРГА ЗҮЙ

ТБОЗ дээр тулгуурласан Калманы шүүлтүүрийн аргазүйн ерөнхий тавилыг өмнөх бүлэгт авч үзсэн бөгөөд y_t тайлбарлагдагч, x_t тайлбарлагч хувьсагчийн хувьд хувьсах коэффициент бүхий үнэлгээ дараах байдлаар илэрхийлэгдэх юм.

$$y_t = \alpha_t + \beta_t x_t + \varepsilon_t \quad v_t \sim N(0; \Sigma_\varepsilon) \quad (13)$$

$$\alpha_t = \alpha_{t-1} + \eta_t \quad \eta_t \sim N(0; \Sigma_\eta) \quad (14)$$

$$\beta_t = \beta_{t-1} + \psi_t \quad \psi_t \sim N(0; \Sigma_\psi) \quad (15)$$

Энд α_t нь тогтмол коэффициент, β_t нь тайлбарлагч хувьсагчийн өмнөх коэффициент бөгөөд v_t , η_t болон ψ_t нь алдааны утгууд юм. Энд (13) тэгшитгэл нь хэмжээсийн тэгшитгэл, (14) болон (15) тэгшитгэл нь төлөв байдлын тэгшитгэлүүд болно. Дээрх тэгшитгэлийг матрицан хэлбэрээр хураангуйлан дараах хэлбэрээр үндсэн ТБОЗ-руу шилжүүлж болно.

$$y_t = \delta' z_t + v_t \quad (16)$$

$$z_t = A z_{t-1} + w_t \quad (17)$$

Энд z_t нь хугацааны турш хувьсах (α_t, β_t) параметруудийг илэрхийлнэ, мөн A нь нэгж матриц байх ба v_t , w_t нь бие биеэсээ үл хамаарах цагаан шуугиа процесс юм.

IV БҮЛЭГ. ЭМПИРИК ШИНЖИЛГЭЭ

Мөнгөний бодлого нь нийт нийлүүлэлт, ажилгүйдэл, инфляц зэрэг макро эдийн засгийн хувьсагчдад хүүний суваг, ханшийн суваг, банкны зээлийн суваг, хөрөнгийн үнийн суваг зэрэг мөнгөний шилжих механизмаар дамжин нөлөөлдөг байна. Үүн дотроо хөгжиж буй болон шилжилтийн эдийн засагтай орнуудад хүүний түвшний болон банкны зээлийн сувгууд голлон нөлөөлдөг байна. Тодруулбал мөнгөний зөөлөн бодлогын хүрээнд хүүний түвшний бууралт нь хөрөнгө оруулалтыг цаашлаад ДНБ-ийг өсгөх бол банкны зээлийн сувгийн хувьд банкинд олгох зээлийг нэмэгдүүлсэнээр банкны харилцах болон нөөц нэмэгдэж, цаашлаад хөрөнгө оруулалт ДНБ-ийг өсгөнө гэж үздэг.

Энэхүү судалгааны ажлаар Монгол улсын эдийн засаг дахь хүүний сувгийн нөлөөллийг авч судлах юм. Ерөнхийдөө хүүний сувгийн талаар судалсан олон судалгааны ажил байдаг ч тэдгээрийн авч үздэг учир шалтгааны тест нь мөнгөний шилжих механизмын бүхий л цаг хугацааны турших трендийг харуулж чаддаггүй юм. Тиймээс энэхүү судалгааны ажлаар ТБОЗ болон Калманы шүүлтүүрийг ашиглан хүүний сувгийн трендийг загварчлах юм.

Кейнсийн хандлагаар тэнцвэрт хүүний түвшин нь мөнгөний зах зээл дээр буюу мөнгөний эрэлт болон нийлүүлэлтийн тэнцвэр дээр тогтдог байна. Цаашилбал энэ нь яагаад хүүний түвшин нь мөнгөний бодлогоор засварлагдаж, хөрөнгө оруулалтыг нэмэгдүүлэх байдлаар бодит эдийн засагт нөлөөлж буйн гол шалтгаан болох юм. Гэсэн хэдий ч хүүний түвшний бууралт нь дан ганц хөрөнгө оруулалтыг өсгөөд зогсохгүй зарцуулах хэрэглээг нэмэгдүүлдэг байна. Тодруулбал богино хугацааны нэрлэсэн хүүний түвшний бууралт нь ерөнхий хүүний түвшнийг бууруулж, богино хугацааны бодит хүүний түвшнийг ч мөн бууруулах юм. Рациональ хүлээлтийн таамаглал ёсоор урт хугацааны хүүний түвшин нь богино хугацааны хүүний түвшний дунджаар тодорхойлогдох тул дээрх бууралт нь урт хугацааны хүүг ч мөн бууруулах юм. Цаашилбал урт хугацаат хүүний түвшний бууралт нь хөрөнгө оруулалт болон зарцуулах хэрэглээг нэмэгдүүлэх замаар нийт эрэлтийг нэмэгдүүлнэ (Mishkin, 1995).

4.1 Эмпирик судалгааны загвар

Мүкержи болон Бхаттхахариа нарын (2010) авч үзсэнтэй адилаар дараах загварыг байгуулан, үнэлнэ.

$$\text{Загвар 1: } (C/Y) = \beta_0 + \beta_1(r) + \beta_2(G/Y) + \beta_3(\Delta Y) + \beta_4(C_p/Y) + \varepsilon_1$$

$$\text{Загвар 2: } (I/Y) = \alpha_0 + \beta_6(r) + \beta_7(G/Y) + \beta_8(\Delta Y) + \beta_9(C_p/Y) + \varepsilon_2$$

Энд β_0 болон α нь тогтмол коэффициентүүд бөгөөд бусад β -ууд нь регрессийн коэффициентүүд юм. Харин ε_1 болон ε_2 нь тус хоёр тэгшитгэлийн алдааны утгууд болно.

4.2 Судалгаанд ашигласан өгөгдөл

Судалгаанд Статистикийн мэдээллийн нэгдсэн сан, Монголбанкнаас цуглуулсан 2005-2018 оны улирлаарх макро эдийн засгийн үзүүлэлтүүдийг ашигласан юм. Хүснэгт 1-д загварт ашиглагдсан хувьсагчдын тайлбар, тодорхойлогч статистикуудыг нэгтгэсэн байна.

Хүснэгт 4.2-1 ТБОЗ болон Калманы шүүлтүүрийн ерөнхий зарчим

Хувьс агч	Тайлбар	Тодорхойлогч статистик				
		Дундаж	Медиан	Хамгийн их утга	Хамгийн бага утга	Ст. хазайлт
(C/Y)	Хувийн зарцуулах хэрэглээ болон ДНБ-ий харьцаа	55.21	52.70	86.10	34.70	9.97
(ΔY)	ДНБ-ий өсөлтийн хувь	7.70	7.50	20.60	-2.30	5.52
(G/Y)	Засгийн газрын зардал болон ДНБ-ий харьцаа	13.06	13.40	18.60	8.00	2.53
(I _p /Y)	Хувийн секторын хөрөнгө оруулалт болон ДНБ-ий харьцаа	31.15	30.50	62.80	6.10	12.31
(C _p /Y)	Хувийн секторын зээл болон ДНБ- ий харьцаа	1.45	1.44	2.47	0.74	0.40
(r)	Банк хоорондын захын хүү	10.86	10.66	18.22	2.38	3.42

Эх сурвалж: Монгол улсын статистикийн мэдээллийн нэгдсэн сан, Монголбанк

4.3 Судалгаанд ашигласан программ хангамж

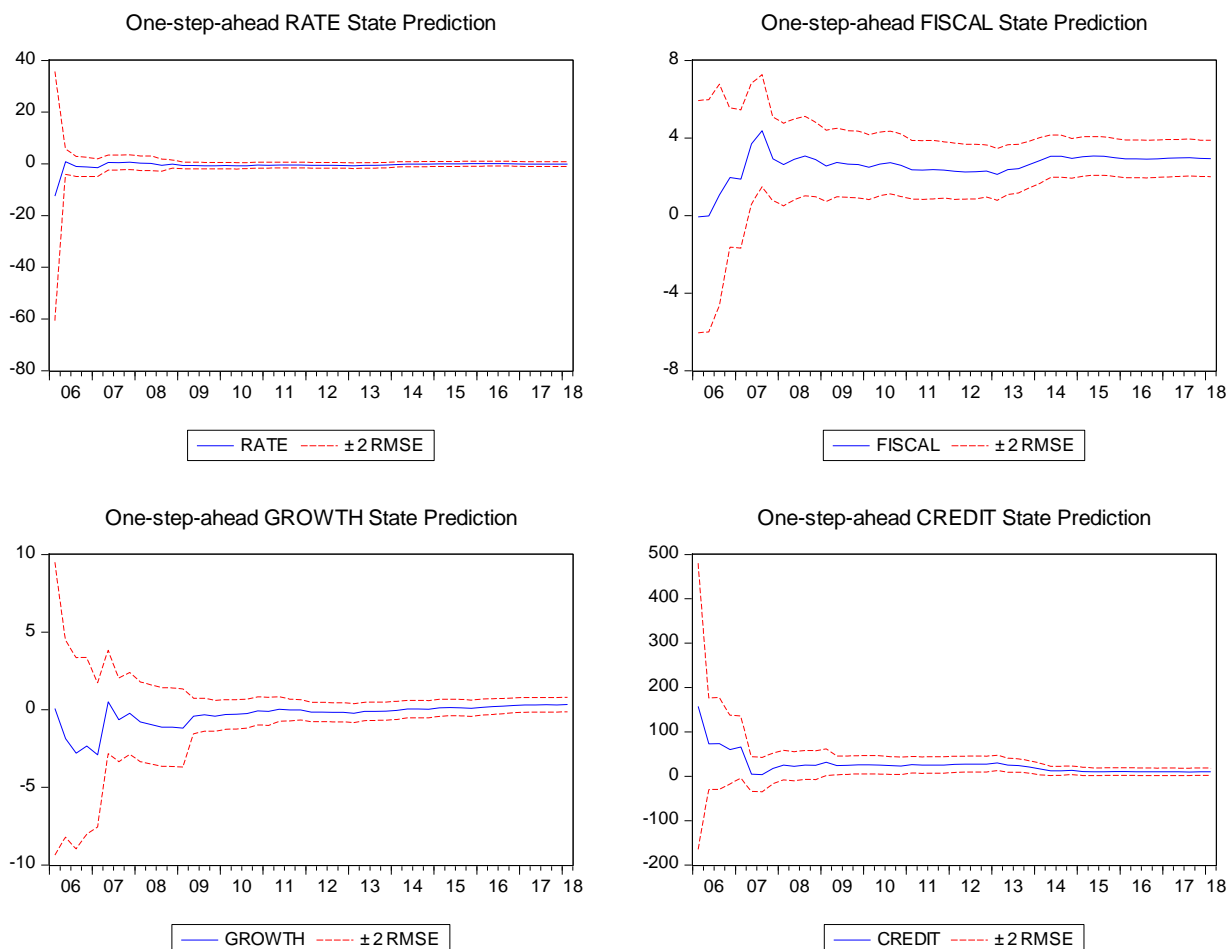
ТБОЗ болон Калманы шүүлтүүрийг R программ, Matlab программ, Stata программ, E-views программ зэрэг олон төрлийн программ хангамж ашиглан үнэлж болдог юм. Энэхүү судалгааны ажлаар E-views 9 программыг ашиглан үнэлгээг хийсэн. Ингэхдээ тус программыг “SSpace” командаар өргөтгөж, “Proc” цэсний “Define State Space” командаар “Auto-Specification” цонхыг үүсгэж холбогдох хувьсагчдыг зааж өгсөнөөр байгуулсан юм.

4.4 Үндсэн шинжилгээний хэсэг

Калманы шүүлтүүр нь коэффициентийг хугацааны турш хувьсах хувьсах байдлаар үнэлэх юм. Шинжилгээний үр дүнгийн хувьд хүүний сувгийн нөлөө нь инфляцийг онилох бодлогыг 2007 онд баримталж эхэлсэнээс хойш илүү үр ашигтай ажиллах болсон гэсэн таамаглал дэвшүүлж байгаа юм. Өөрөөр хэлбэл инфляцийг онилох бодлогын үед загваруудын β_1 , β_6 коэффициентүүд өмнөх үеэсээ илүү өндөр утга авсан байх юм.

Ийнхүү доорх графикт загвар 1-ийн үнэлгээний үр дүнг харууллаа. Энд хүүний түвшний коэффициент нь хугацааны турш харьцангуй тогтвортой байна. Харин төсвийн зардлын ДНБ-д эзлэх хувь болон хувийн секторын зээлийн хувийн хөрөнгө оруулалтад үзүүлэх нөлөө нь 2013 онд харгалзан өсч, буурсан байна. Эдийн засгийн өсөлтийн хөрөнгө оруулалтад үзүүлэх нөлөө алгуурхнаас өсч байгаа нь ажиглагдаж байна. Хавсралт 1 дэх үнэлгээний үр дүнгээс харвал төсвийн зардал болон хувийн секторын зээлийн хувийн нөлөө ач холбогдолтой. Хамгийн сүүлийн итераци дахь үнэлгээний үр дүнгийн хувьд засгийн газрын зардлын ДНБ-д эзлэх хувь 1 нэгжээр нэмэгдэхэд хөрөнгө оруулалтын ДНБ-д эзлэх хувь 2,40-иар нэмэгдэхээр байна. Харин хувийн секторын зээлийн ДНБ-д эзлэх хувь 1 нэгжээр нэмэгдэхэд хөрөнгө оруулалтын хувь 9,95-иар нэмэгдэхээр байна.

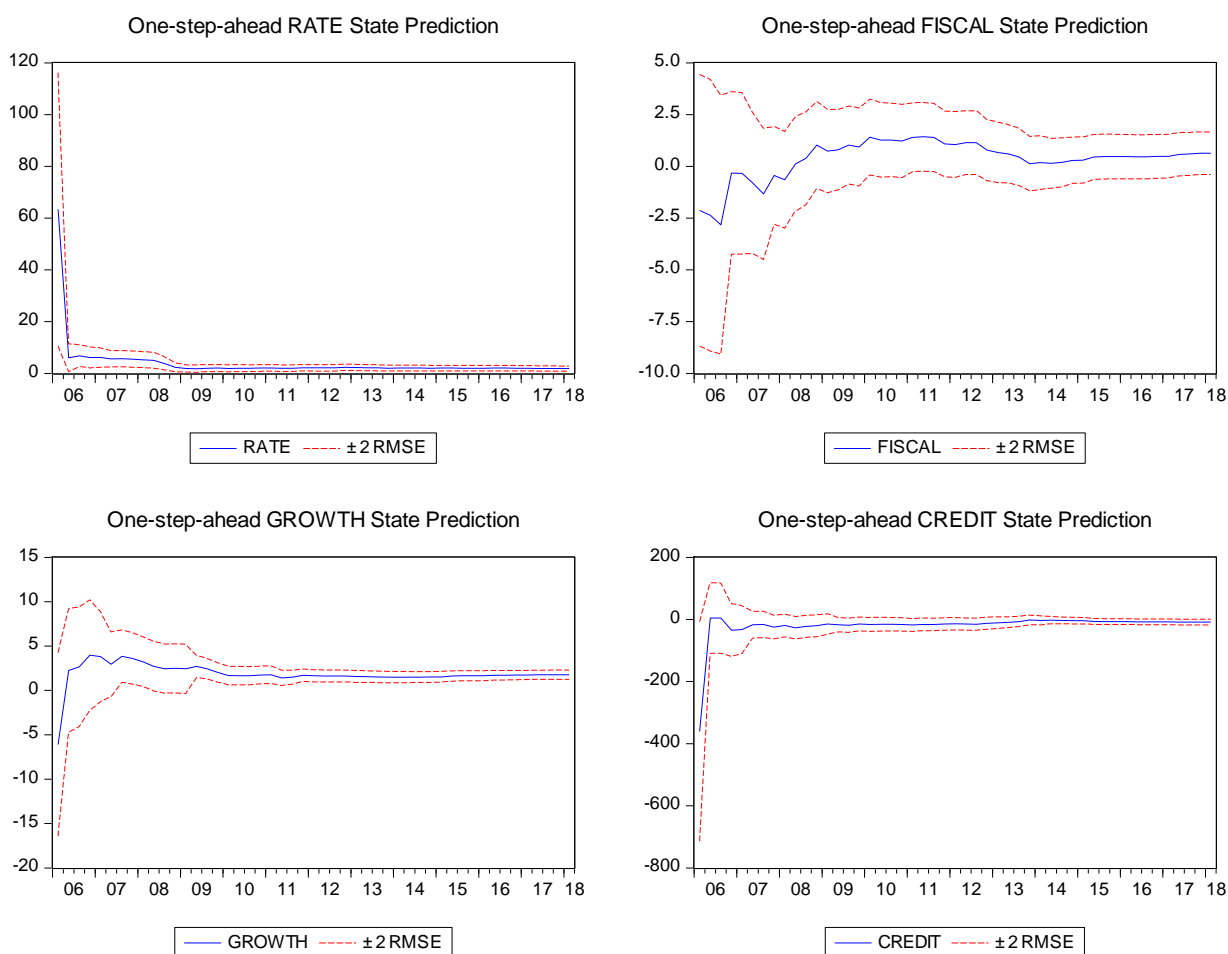
Зураг 4.4.1 Хөрөнгө оруулалтын тэгшитгэлийн хувьсах коэффициентүүд



Эх сурвалж: Тооцооллын үр дүн

Доорх графикт зарцуулах хэрэглээнд нөлөөлөх хувьсагчдын хувьсах коэффициентийн үнэлгээг харуулсан байна. Хавсралт 2 дахь үнэлгээний үр дүнгээс харвал тус тэгшитгэл эхний үеэсээ бодит утгаруугаа нийлсэн байгаа тул 2007 оны нөлөөг ялган харах боломжтой байгаа юм. Тодруулбал 2007 оноос хойш хүүний сувгийн зарцуулах хэрэглээнд үзүүлэх нөлөө буурсан байна. Харин төсвийн зардлын нөлөө харьцангуй нэмэгдсэн байгаа ч 2013 онд огцом буурсан байдал ажиглагдаж байна. Коэффициентүүдийн хувьд төсвийн зардал ач холбогдолгүй, бусад коэффициентүүд ач холбогдолтой байна. Тодруулбал хүүний түвшин 1 нэгжээр нэмэгдэхэд зарцуулах хэрэглээний ДНБ-д эзлэх хувьд 1,88-аар нэмэгдэж, эдийн засгийн өсөлт 1 нэгжээр нэмэгдэхэд 1,77 нэгжээр нэмэгдэж, хувийн секторын зээл 1 нэгжээр нэмэгдэхэд 8,53 нэгжээр буурахаар байна.

Зураг 4.4.2 Хэрэглээний тэгшитгэлийн хувьсах коэффициентүүд



Эх сурвалж: Тооцооллын үр дүн

ДҮГНЭЛТ

Энэхүү судалгаанд инженерингийн салбараас үүсэлтэй боловч сүүлийн хориод жилд эдийн засгийн шинжлэх ухаанд өргөнөөр ашиглагдах болсон төлөв байдлын огторгуйн загвар болон түүнийг үнэлэх хамгийн энгийн алгоритм болох Калманы шүүлтүүрийг авч судаллаа. Тус аргазүй нь эдийн засгийн ухаанд регрессийн коэффициентийг хувьсах байдлаар үнэлэх, ажиглагддаггүй хувьсагчийг үнэлэхэд ихээхэн ач холбогдолтой байдаг ба хугацааны цувааг задлах зэрэг бусад асуудлуудад альтернатив аргазүйн хэрэгслээр ашиглагдаж байна.

Төлөв байдлын огторгуйн загварын үндсэн тавил нь векторуудаар илэрхийлэгдсэн байдагтай холбоотойгоор энгийн регрессээс эхлээд ARMA, DSGE, VAR зэрэг олон төрлийн нийлмэл загваруудыг тус аргзүйд шилжүүлэн илүү уян хатнаар үнэлэх боломжтой байдаг. Мөн тус загварыг үнэлэх Калманы шүүлтүүр нь шинжилгээ хийх шүүлтүүрийн арга гэдэг утгаараа өнгөрсөн үеийн мэдээлэлд дүн шинжилгээ хийх боловч дараалан дөхөх замаар нэг үеийн дараах таамаглалыг хийхэд ч ашиглагддагаараа онцлогтой байдаг.

Онолын хувьд төлөв байдлын огторгуйн загвар нь ажиглагдахуйц бус z хувьсагчаар ажиглагдахуйц хувьсагч y -ийг үнэлэх боломжийг олгодог бөгөөд ажиглагдаагүй z хувьсагчийн таамаглагдсан утга, засварлагдсан буюу үнэлэгдсэн утгыг Калманы шүүлтүүр олгож, үүн дээрээ тулгуурлан y -ийн магадлалыг хамгийн их байлгах ХИҮХБ функцийг байгуулж, максимумчлах замаар бүрэн тэгшитгэлийг үе бүрт шинэчлэн байгуулдаг байна.

Ийнхүү тус аргазүйтэй холбогдуулан Монгол улсын өгөгдлийн хувьд эмпирик үнэлгээ хийж, танилцуулсан бөгөөд энэ нь 2007 онд мөнгөний бодлогоо инфляцийг онилох болгон өөрчилсөнтэй холбоотой хүүний сувгийн өөрчлөлтийг судлахад чиглэсэн юм. Тодруулбал Мүкержи болон Бхаттхакхариа нарын (2010) хэрэглээ болон хөрөнгө оруулалтын загварыг хувьсах коэффициенттойгоор үнэлсэн юм. Загварт Монгол улсын статистикийн мэдээллийн нэгдсэн сан, Монголбанкнаас бэлтгэн гаргасан 2005-2018 оны макро эдийн засгийн улирлаарх өгөгдлийг ашигласан юм. Мөнгөний бодлогын инфляцийг онилох бодлого баримталсанаараа хүүний сувгийн үр ашиг нэмэгдсэн гэсэн таамаглалтайгаар эмпирик ажлыг эхлүүлсэн боловч судалгааны үр дүнд инфляцийг онилох бодлого баримталсанаас хойш хүүний түвшний хөрөнгө оруулалт болон хэрэглээнд үзүүлэх нөлөө буурсан байв. Харин засгийн газрын зардлын хөрөнгө оруулалтад үзүүлэх нөлөө, эдийн засгийн өсөлтийн хөрөнгө оруулалтад үзүүлэх нөлөө нэмэгдсэн байв. Мөн түүнчлэн эдийн засгийн өсөлтийн хэрэглээнд үзүүлэх нөлөө буурч, хувийн секторын зээлийн хэрэглээнд үзүүлэх нөлөө нэмэгдсэн байна.

НОМЗҮЙ

- Amberger, J., & Fendel, R. (2017). The Slope of the Euro Area Phillips Curve: Always and Everywhere the Same? . *Applied Economics and Finance* , 77-88.
- Basdevant, O. (2003 оны 2). *On applications of state-space modelling in macroeconomics*. Reserve Bank of the New Zealand Web site: <https://www.rbnz.govt.nz/-/media/ReserveBank/Files/Publications/Discussion%20papers/2003/dp03-02.pdf>-ээс Гаргасан
- Casals, J., Garcia-Hiernaux, A., Jerez, M., Sotoca, S., & Trindade, A. A. (2016). *State-Space Methods for Time Series Analysis: Theory, Applications and Software*. London: CRC Press.
- Chen, Z., & Brown, E. N. (2013 оны 3 20). *State space model*. Гаргасан 2017 оны 12 29, Scholarpedia: http://www.scholarpedia.org/article/State_space_model-aac
- Commandeur, J. J., & Koopman, S. J. (2007). *An Introduction to State Space Time Series Analysis*. New York: Oxford University Press .
- Cuche, N. A., & Hess, M. K. (1998 оны 10 15). *Estimating Monthly GDP in A General Kalman Filter Framework: Evidence From Switzerland*. Semantic Scholar: <https://pdfs.semanticscholar.org/d41f/7d9057c99c9e7b918c846b7dbe5ae95e65c8.pdf>-ээс Гаргасан
- Drew, A., Karagedikli, Ö., Sethi, R., & Smith, C. (2008 оны 3). *Changes in the transmission mechanism of monetary policy in New Zealand*. Reserve Bank of New Zealand: <https://www.rbnz.govt.nz/-/media/ReserveBank/Files/Publications/Discussion%20papers/2008/dp08-03.pdf>-ээс Гаргасан
- Dumitru, I. (2002 оны 6 15). *Money Demand in Romania*. Munich Personal RePEc Archive: MPRA_paper_10629-ээс Гаргасан
- Durbin, J., & Koopman, S. J. (2012). *Time Series Analysis by State Space Methods*. United Kingdom: Oxford University Press .
- Fahrmeir, L. (1998). *State space models: a brief history and some recent developments*. Research Gate Web site: https://www.researchgate.net/publication/2597697_State_Space_Models_A_Brief_History_and_Some_Recent_Developments-ээс Гаргасан
- Fitzenberger, B., Franz, W., & Bode, O. (2007). *The Phillips Curve and NAIRU Revisited: New Estimates for Germany*. ZEW Discussion Paper Web site: <ftp://ftp.zew.de/pub/zew-docs/dp/dp07070.pdf>-ээс Гаргасан
- Franta, M., Horváth, R., & Rusnák, M. (2012 оны 11). *Evaluating Changes in the Monetary Transmission Mechanism in the Czech Republic* . Institute of Economic Studies, Faculty

- of Social Sciences Charles University in Prague Web site: https://www.google.mn/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=0ahUKEwjE3IvDuLTbAhVShbwKHQMzDWsQFggzMAI&url=http%3A%2F%2Fies.fsv.cuni.cz%2Fdefault%2Ffile%2Fdownload%2Fid%2F20280&usg=AOvVaw3hOXHQ_OBoZ31qyEsSD82N-ээс Гаграсан
- Friuhwirth-Schnatter, S. (1994a). *Applied State Space Modelling of Non-Gaussian Time Series*.
- Harvey, A. C. (1989). Forecasting, Structural Time Series Models and the Kalman Filter. *Econometric Theory*, 293-299.
- Huang, Y.-L. (2010). Estimating Taiwan's Monthly GDP in an Exact Kalman Filter Framework: A Research Note. *Taiwan Economic Review*, 147-160. <http://www.econ.ntu.edu.tw/ter/new/data/new/TER38-1/TER381-4.pdf>-ээс Гаграсан
- Hutchinson, C. E. (1984 оны 6 4). *The Kalman Filter Applied to Aerospace and Electronic Systems*. Гаграсан 2017 оны 12 27, IEEEExplore digital library: <http://ieeexplore.ieee.org/document/4502068/?reload=true-aac>
- Issler, J. V., & Notini, H. H. (2016). Estimating Brazilian Monthly GDP: a State-Space Approach. *Revista Brasileira de Economia*, 41-59.
- Jovanovic, B. (2015). *Kalman Filter Estimation of the Unrecorded Economy in Macedonia*. National Bank of the Republic of Macedonia Web site: <https://www.econstor.eu/handle/10419/173711>-ээс Гаграсан
- Li, J., & Moore, A. W. (2008 оны 10 8). *Forecasting Web Page Views: Methods and Observations*. Гаграсан 2017 оны 12 29, googleusercontent: <https://static.googleusercontent.com/media/research.google.com/en/pubs/archive/34912.pdf>-aac
- MATLAB. (2017 оны 3 23). *Understanding Kalman Filters, Part 3: Optimal State Estimator*. Youtube Web site: <https://www.youtube.com/watch?v=ul3u2yLPwU0&index=2&list=PLn8PRpmsu08pz i6EMiYnR-076Mh-q3tWr>-ээс Гаграсан
- Mehrara, M., & Rafiei, F. (2014). Energy Consumption and Economic Growth: Kalman Filter Approach. *International Journal of Academic Research in Economics and Management Sciences*, 204-210.
- Meifeng, Z., & Guohao, Z. (2015). Forecasting the Coke Price Based on the Kalman Filtering Algorithm. *Journal of Resources and Ecology*, 60-64.
- Mishkin. (1995). Symposium on the Monetary Transmission Mechanism. *Journal of Economic Perspectives*, 3-10.
- Pasricha, G. K. (2006 оны 10 15). *Kalman Filter and its Economic Applications*. Munich Personal RePEc Archive Web site: <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/22734/1/KalmanFilter.pdf>-ээс Гаграсан

- Pichler, P. (2007 оны 1). *State Space Models and the Kalman Filter*. Vienna University Computer Center Web site: <http://homepage.univie.ac.at/robert.kunst/statespace.pdf>-ээс Гаграсан
- Proietti, T. (2005). *Temporal disaggregation by state space methods: dynamic regression methods revisited*. European Communities Web site: <http://ec.europa.eu/eurostat/documents/3888793/5837089/KS-DT-05-015-EN.PDF/6e1d6d03-1e05-47cc-b5af-e5082130945d>-ээс Гаграсан
- Punales, A. G. (2011 оны 1 1). *Time-Varying Coefficient Models And The Kalman Filter : Applications To Hedge Funds* . Ryerson University Web site: https://www.google.mn/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwiH5vLZx6DbAhWMopQKHS4WDIIQFggkMAA&url=http%3A%2F%2Fdigital.library.ryerson.ca%2Fislandora%2Fobject%2FRULA%3A2193%2Fdatastream%2FOBJ%2Fdownload%2FTime-Varying_Coefficient_Models_And_-ээс Гаграсан
- Ruth, F. v. (2008). *Constructing a monthly indicator of fixed capital formation via high frequency interpolation: The state space approach*. Statistics Netherlands: <https://www.google.mn/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEWjmiern8LTbAhVTfSsKHcakDowQFggkMAA&url=https%3A%2F%2Fwww.cbs.nl%2F-%2Fmedia%2Fimported%2Fdocuments%2F2008%2F25%2F2008-09-x10-pub.pdf&usg=AOvVaw2M7M88tQSspxH6QliIQ4Th>-ээс Гаграсан
- Sarac, T. B., & Ucan, O. (2013). The Interest Rate Channel in Turkey: An Investigation with Kalman Filter Approach . *International Journal of Economics and Financial Issues* , 874-884.
- Serju, P. (2004 оны 2). *Estimating Quarterly, Expenditure-Based GDP for Jamaica: A General Kalman Filter Approach* . Bank of Jamaica Web site : http://boj.org.jm/uploads/pdf/papers_pamphlets/papers_pamphlets_estimating_quarterly_expenditure-based_gdp_for_jamaica_-_a_general_kalman_filter_approach.pdf-ээс Гаграсан
- Simionescu, M. a. (2015). Kalman Filter or VAR Models to Predict Unemployment Rate in Romania? *Our Economy*, 3-21.
- Simionescu, M. b. (2014). *The Kalman Filter Approach for Estimating the Natural Unemployment Rate in Romania*. Universitatis Danubius Web site: <http://journals.univ-danubius.ro/index.php/oeconomica/article/view/2146/2868>-ээс Гаграсан
- Tanizaki, H. (2003). Nonlinear and Non-Gaussian State-Space Modeling with Monte Carlo Techniques: A Survey and Comparative Study . *Handbook of Statistics*, 871-929.
- Taşdemir, M. (2008). Estimating Monthly GDP for Turkey by State-Space Approach. *International Research Journal of Finance and Economics* , 144-151.
- Tsay, R. S. (2010). *Analysis of Financial Time Series*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Venegas, F., Alba, E. d., & Ordorica, M. (1995). An economist's guide to the kalman filter. *ESTUDIOS ECONÓMICOS*, 123-145.

Xu, Y., & Zhang, G. (2015). Application of Kalman Filter in the Prediction of Stock Price. *International Symposium on Knowledge Acquisition and Modeling*, 197-198.

Zeng, Y., & Wu, S. (2013). *State-Space Models: Applications in Economics and Finance*. London: Springer Science+Business Media .

Б.Мөнхзул. (2014 оны 6 25). *Төгрөгийн гадаад валюттай харьцах нэрлэсэн ханишийн инфляцид үзүүлэх нөлөө*. Монголбанкны Веб сайт: <https://www.mongolbank.mn/documents/tovhimol/group9/9-18.pdf>-ээс Гаргасан

Р.Сугархүү. (2014). Калманы шүүлтүүрийг ашиглан CAPM загварыг үнэлэх нь. *Голомт банкны оюутны эрдэм шинжилгээний хурал 2014*, 105-120.

ХАВСРАЛТ**Хавсралт 1 Хөрөнгө оруулалтын тэгшитгэлийн ХИҮХБ үнэлгээ**

Sspace: UNTITLED

Method: Maximum likelihood (BFGS / Marquardt steps)

Date: 06/07/18 Time: 01:38

Sample: 2005Q1 2018Q1

Included observations: 53

Convergence achieved after 14 iterations

Coefficient covariance computed using outer product of gradients

	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C(1)	4.590065	0.211394	21.71329	0.0000
	Final State	Root MSE	z-Statistic	Prob.
RATE	-0.094214	0.449155	-0.209758	0.8339
FISCAL	2.939825	0.468301	6.277638	0.0000
GROWTH	0.332001	0.234749	1.414280	0.1573
CREDIT	9.950908	4.110225	2.421013	0.0155
Log likelihood	-236.8771	Akaike info criterion		8.976495
Parameters	1	Schwarz criterion		9.013670
Diffuse priors	4	Hannan-Quinn criter.		8.990791

Хавсралт 2 Хэрэглээний тэгшитгэлийн ХИҮХБ үнэлгээ

Sspace: SS02

Method: Maximum likelihood (BFGS / Marquardt steps)

Date: 06/07/18 Time: 01:56

Sample: 2005Q1 2018Q1

Included observations: 53

Convergence achieved after 0 iterations

Coefficient covariance computed using outer product of gradients

	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C(1)	4.772511	0.168872	28.26108	0.0000
	Final State	Root MSE	z-Statistic	Prob.
RATE	1.878857	0.492055	3.818386	0.0001
FISCAL	0.635758	0.513030	1.239221	0.2153
GROWTH	1.767145	0.257171	6.871479	0.0000
CREDIT	-8.529156	4.502808	-1.894186	0.0582
Log likelihood	-241.7077	Akaike info criterion		9.158781
Parameters	1	Schwarz criterion		9.195956
Diffuse priors	4	Hannan-Quinn criter.		9.173077

Хавсралт 3 Өгөгдөл

Огноо	Хувийн зарцуулах хэрэглээ болон ДНБ-ий харьцаа	ДНБ-ий өсөлтийн хувь	Засгийн газрын зардал болон ДНБ-ий харьцаа	Хувийн секторын хөрөнгө оруулалт болон ДНБ-ий харьцаа	Хувийн секторын зээл болон ДНБ-ий харьцаа	Банк хоорондын захын хүү
2005Q1	80	4.7	16.7	11.9	1.103571	7.48
2005Q2	46.4	4.1	11	41.5	0.743742	5.65
2005Q3	54.9	5.1	8.2	29.5	0.811748	5.85
2005Q4	52.7	7.3	11.7	23.3	0.820417	6.13
2006Q1	72.1	10.7	14.3	11.7	1.237582	2.38
2006Q2	37.5	5.7	9.8	44.9	0.801577	7.34
2006Q3	48.1	5.2	8.1	30.5	0.945775	8.26
2006Q4	44.6	8.6	11.2	35.7	0.912913	6.12
2007Q1	59.3	6.6	15	19.5	1.556275	6.49
2007Q2	34.7	11.2	10.1	48.5	1.073739	5.26
2007Q3	58.1	11.3	8	33.7	1.333867	6.46
2007Q4	48.1	10.2	14.9	30.7	1.246919	8.25
2008Q1	69	14.5	17.2	14.5	1.843919	10.17
2008Q2	49.9	10.8	13.5	39.4	1.348764	12.53
2008Q3	57.5	10.5	11.5	40.7	1.406966	18.22
2008Q4	50.9	8.9	16.4	40.8	1.263266	17.87
2009Q1	86.1	-2.3	18.6	6.1	2.03124	17.86
2009Q2	56.2	-1.3	15.2	30	1.217433	15.05
2009Q3	55.8	-1.9	11.3	32.8	1.142196	11.51
2009Q4	47.3	-1.3	13.2	38.1	1.00299	8.58
2010Q1	74.9	8.2	15.3	19.2	1.27689	7.24
2010Q2	50.1	7	11.9	33.6	0.902735	10.42
2010Q3	57	8.8	9.3	38.7	0.970733	10.33
2010Q4	46.4	6.4	14.9	40.7	0.959618	9.45
2011Q1	65.2	19.7	13.5	34.1	1.281284	10.15
2011Q2	48.3	20	11.1	49.1	1.174609	9.36
2011Q3	49.2	20.6	9.3	62.8	1.265246	10.5
2011Q4	47.5	17.3	15.4	43.6	1.439332	12.11
2012Q1	67.8	18.2	13.4	41	1.66693	12.17
2012Q2	49.8	13.8	12.7	44.7	1.295612	12.39
2012Q3	52.3	10.8	10.9	58.5	1.457557	14.8
2012Q4	47.3	12.3	16.7	36.3	1.42374	13.97
2013Q1	66.7	7.5	16.1	33.9	1.974518	12.29
2013Q2	57.7	8.7	12.3	40.5	1.590867	10.47
2013Q3	52.4	12.7	12.2	53.9	1.774334	9.9
2013Q4	50.8	11.6	14	28.5	1.88078	8.91
2014Q1	63.8	7.5	13.9	27.8	2.465462	9.35
2014Q2	62.3	8.5	13.1	26.8	1.874361	10.39
2014Q3	56.8	9.1	9.7	29.7	1.787673	12.41
2014Q4	46.1	7.9	15.7	29.7	2.018082	12.2
2015Q1	65.9	4.2	14.7	12.8	2.342945	13.18
2015Q2	63.2	3.2	13.9	18.7	1.729729	13.24

Хавсралт 4 Өгөгдөл (үргэлжлэл)

Огноо	Хувийн зарцуулах хэрэглээ болон ДНБ-ий харьцаа	ДНБ-ий өсөлтийн хувь	Засгийн газрын зардал болон ДНБ-ий харьцаа	Хувийн секторын хөрөнгө оруулалт болон ДНБ-ий харьцаа	Хувийн секторын зээл болон ДНБ-ий харьцаа	Банк хоорондын захын хүү
2015Q3	56.2	2.3	10.3	24.7	1.556861	13.1
2015Q4	52.6	2.4	15.9	23.3	1.622076	11.84
2016Q1	62.9	3	16.4	14	2.039	12.55
2016Q2	53	1.5	14.5	20.4	1.613254	11.33
2016Q3	50.9	-1.4	14	19.8	1.666018	15.87
2016Q4	44.7	1.2	13.4	24.5	1.551454	15.51
2017Q1	56.1	4.2	13.1	16.4	1.851832	14.97
2017Q2	45.7	5.3	12.2	23.4	1.527776	13.1
2017Q3	52.1	5.8	10.2	21.9	1.603299	12.05
2017Q4	45	5.1	13.7	31.2	1.587494	11.66
2018Q1	56	6.1	12.6	23.2	1.793114	10.66