

ԵՐԵՎԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ

Դավիթ Գարիկի Մինասյան

ԲԱՆԿԱՅԻՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ԿԱՅՈՒՆՈՒԹՅԱՆ ՎՐԱ ԱԶԴՈՂ ԳՈՐԾՈՆՆԵՐԻ ՏՆՏԵՍԱՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱԿԱՆ ԳՆԱՀԱՏՈՒՄԸ

Ը.00.08 - «Տնտեսության մաթեմատիկական մոդելավորում» մասնագիտությամբ
տնտեսագիտության թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման
ատենախոսության

ՍԵՂՄԱԳԻՐ

Երևան – 2024

Ատենախոսության թեման հաստատվել է Հայաստանի պետական տնտեսագիտական համալսարանում

Գիտական ղեկավար՝

տեխ. գիտությունների դոկտոր, պրոֆեսոր
Արամ Հմայակի Առաքելյան

**Պաշտոնական
ընդդիմախոսներ՝**

տնտեսագիտության դոկտոր, պրոֆեսոր
Աշոտ Աղասու Թավադյան

ֆիզ.-մաթ. գիտությունների թեկնածու, դոցենտ
Գայանե Մամիկոնի Ղուկասյան

**Առաջատար
կազմակերպություն՝**

**Հայաստանի ազգային
պոլիտեխնիկական համալսարան**

Պաշտպանությունը կայանալու է 2024 թվականի դեկտեմբերի 20-ին, ժամը 13:30-ին, Երևանի պետական համալսարանում (0025 ք. Երևան, Աբովյան փ. 52) գործող ՀՀ ԿԳՄՍՆ ԲԿԳԿ-ի Տնտեսագիտության 015 մասնագիտական խորհրդի նիստում:

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ Երևանի պետական համալսարանի գրադարանում:

Սեղմագիրն առաքված է 2024 թվականի նոյեմբերի 14-ին:

015 մասնագիտական խորհրդի
գիտական քարտուղար՝

տնտեսագիտության թեկնածու, դոցենտ

Ա. Շ. Հակոբջանյան

Հետազոտության թեմայի արդիականությունը

Ֆինանսական ու բանկային համակարգը պարբերաբար ենթարկվում է ներքին ու արտաքին ցնցումների և բանկային համակարգին անհրաժեշտ է առավելագույնս ճշգրիտ գնահատել կայունության վրա ազդող գործոնները: Հետազոտության թեմայի արդիականությունը պայմանավորված է տարբեր ցնցումները կանխելու նպատակով կանխարգելիչ քայլեր կատարելու ու արդյունավետ քաղաքականություն մշակելու օրակարգային անհրաժեշտությամբ: Ավելին, տեխնոլոգիական զարգացումների շնորհիվ մեքենայական ուսուցման մեթոդները մեծ տարածում են գտնում տնտեսության բոլոր ոլորտներում՝ հրատապ դարձնելով մեքենայական ուսուցման մեթոդների ներդրման հնարավորության ուսումնասիրումը ՀՀ բանկային համակարգում, ինչպես նաև այդ մոդելների համատեղելիության գնահատումը ՀՀ բանկային տվյալների համար:

ՀՀ Կենտրոնական Բանկում (ԿԲ) այժմ առկա չէ ավարտուն հետազոտություն, որը ուղղված է բանկային կայունության բազմագործոն մոդելավորմանը՝ մեքենայական ուսուցման մեթոդների և մոդելների կիրառմամբ, քանզի ԿԲ-ի՝ որպես քաղաքականություն մշակողի հետաքրքրություններից դուրս է :

Հետազոտության նպատակը և խնդիրները

Հետազոտության նպատակն է մոդելավորման տարբեր մեթոդների համեմատությամբ բացահայտել ՀՀ բանկային համակարգի կայունությունը լավագույնս կանխատեսող մոդելները, գործոնները և մեթոդաբանությունը:

Հետազոտության խնդիրներն են՝

1. Ուսումնասիրել ՀՀ բանկային կայունության ներկայիս իրավիճակը, հիմնական ռիսկերը ու կայունության գնահատման ներկայիս մեթոդաբանությունը
2. Գտնել ու հաշվարկել արդյունավետ ցուցանիշ՝ բանկային կայունությանը թվային գնահատական տալու համար
3. Գնտել ու ֆիլտրել բանկային կայունության վրա ազդող հիմնական գործոնները, որոնք պայմանավորում են ՀՀ բանկային

կայունությունը և արդյունավետ կլինեն մոդելներ կառուցալու համար

4. Իրականացնել ՀՀ բանկային կայունության մոդելավորում դասական էկոնոմետրիկ մոդելների միջոցով՝ ARIMA, VARMA, դասական գծային ռեգրեսիոն, պոլինոմիալ ռեգրեսիոն մոդելների կիրառմամբ
5. Իրականացնել ՀՀ բանկային կայունության մոդելավորում մեքենայական ուսուցման մոդելների կիրառությամբ՝ որոշումների ծառ, պատահական անտառ մոդելների և նեյրոնային ցանցերի միջոցով:
6. Իրականացնել համեմատական վերլուծություն էկոնոմետրիկ և մեքենայական ուսուցման մեթոդների միջև՝ ցույց տալով յուրաքանչյուր մեթոդաբանության առավելությունները, թերությունները ու կիրառման նպատակահարմարությունը ՀՀ բանկային համակարգի կայունության մոդելավորման մեջ
7. Գտնել ՀՀ բանկային կայունության մոդելավորման համար լավագույն մոդելները՝ հիմնվելով մոդելի որակի, կանխատեսման կարողության, ընտրված նշանակալի գործոնների ու դրանց գործակիցների վրա
8. Պարզել այն հիմնական ֆինանսա-տնտեսական գործոնները, որոնք ՀՀ-ում պայմանավորում են բանկային կայունությունը ըստ մոդելների, թվային գնահատական տալ դրանց ազդեցությանը:

Հետազոտության օբյեկտն ու առարկան

Հետազոտության օբյեկտը ՀՀ բանկային ու ֆինանսական համակարգի կայունությունն է՝ որպես մակրոտնտեսական երևույթ: Հետազոտության առարկա են հանդիսանում բանկային «Z-score»-ը, որը ցույց է տալիս համակարգի հեռավորությունը դեֆոլտից, ֆինանսական և մակրոտնտեսական տարբեր ցուցանիշները, որոնք ազդում են բանկային կայունության վրա, հետազոտության մեջ կիրառվող դասական էկոնոմետրիկայի և մեքենայական ուսուցման մոդելները:

Հետազոտության տեսական, մեթոդաբանական և տեղեկատվական հիմքերը

Հետազոտության համար տեսամեթոդական հիմք են ծառայում թեմայի շուրջ միջազգային հեղինակային հրատարակումները,

աշխատությունները, տարբեր կայքերում ու էլեկտրոնային գրադարաններում հրապարակված ուսումնական նյութերը: Դրանց շարքին են պատկանում «ResearchGate», «Medium.com», «Analytics Vidhya», «Towards Data Science», «Elsevier» անունից աղբյուրները: Հետազոտության տեսական հիմքում ընդգրկված են նաև հայ հեղինակների աշխատություններ:

Ատենախոսության շրջանակում կիրառվել են այնպիսի մեթոդներ, ինչպիսիք են՝ դինամիկ և կառուցվածքային վերլուծությունը, գործոնային վերլուծությունը, համեմատական վերլուծությունը, տնտեսամաթեմատիկական չափումները, վիճակագրական հաշվարկները, էկոնոմետրիկ և մեքենայական ուսուցման մեթոդները և այլն:

Հետազոտության տեղեկատվական աղբյուրներից են ՀՀ Կենտրոնական բանկի, ՀՀ ֆինանսների նախարարության, Համաշխարհային բանկի, Արժույթի միջազգային հիմնադրամի հրապարակած տվյալների բազաները:

Հետազոտության գիտական արդյունքները և նորույթը

Ատենախոսության շրջանակներում կատարված ուսումնասիրության, մոդելավորման ու հաշվարկների, վերլուծության շնորհիվ առաջ են քաշվել հետևյալ գիտական նորույթները.

- ՀՀ բանկային համակարգի կայունության մոդելավորման համար մշակվել է մոդել, որտեղ բանկային Z-score-ը օգտագործվում է որպես կախյալ, իսկ տնտեսության տարբեր հատվածներից վերցված թվով 49 գործոններ դիտարկվում են որպես անկախ փոփոխականներ:
- Մշակվել են ՀՀ բանկային կայունության ապագա արժեքների կանխատեսման և դրա վրա տարբեր գործոնների ազդեցության գնահատման տնտեսամաթեմատիկական մոդելներ՝ այդ թվում մեքենայական ուսուցման ալգորիթմների կիրառմամբ: Արդյունքում բացահայտվել են ՀՀ բանկային կայունության մոդելավորման համար արդյունավետ մոդելները՝ պատահական անտառ, նեյրոնային ցանցեր ու դասական գծային ռեգրեսիոն մոդելները:
- ՀՀ բանկային համակարգի համար տարեկան կտրվածքով հաշվարկվել է ագրեգացված ֆինանսական կայունության

ինդեքսը (AFSI), որը կարող է կիրառվել որպես երկրի բանկային կայունության գնահատման ցուցանիշ:

Հեղազոտության արդյունքների գիտագործնական նշանակությունը, արդյունքների փորձարկումը և հրապարակումները

Ատենախոսության շրջանակներում կատարված հետազոտության արդյունքները կարող են օգտակար լինել ՀՀ կենտրոնական բանկի աշխատանքում՝ կանխավ բացահայտելու ճգնաժամային ռիսկերը, կանխարգելիչ գործողություններ իրականացնելու նախաճգնաժամային իրավիճակներում, մշակելու մակրոպրոտեցնցիալ ու ֆինանսական քաղաքականություն: Ատենախոսության մեջ կիրառվող մոդելները կարող են ներդրվել ՀՀ կենտրոնական բանկի մոդելավորման գործիքակազմի մեջ՝ մոդելավորելու և մշտադիտարկելու ֆինանսական կայունության տարբեր սցենարներ:

Ատենախոսության արդյունքները կարելի է կիրառել նաև ՀՀ ֆինանսների նախարարության ու ՀՀ կառավարության համակարգերում տվյալահեն որոշումներ կայացնելու և պլանավորում իրականացնելու նպատակով:

Ատենախոսության մոդելները հասանելի են կողի տարբերակով, ինչն ավելի հեշտ է դարձնում դրանց կիրառելիությունը ու ինտեգրումը տարբեր համակարգերում: Հետազոտության շրջանակում կառուցվել են պատրաստի ֆունկցիաներ՝ դիֆերենցման կարգի ընտրության և շարքերի ստացիոնարացման համար: Բացի այդ, հասանելի են նաև մոդելների տարբեր հիպերպարամետրեր ընտրելու ավտոմատացման ֆունկցիաներ: Հետազոտության վերլուծությունները ու մոդելները կարող են գիտական ու գործնական նշանակություն ունենալ գիտնականների, հետազոտողների, ուսանողների համար՝ որպես ուսումնասիրման թեմային առնչվող տեսամեթոդական հիմք: Աշխատանքը կարող է օգտակար լինել նաև մեծածավալ ներդրումներ իրականացնող կազմակերպություններին և գործարարներին՝ բանկային համակարգի ներկա իրավիճակը գնահատելու ու ներդրումային որոշում կայացնելու հարցում:

Ատենախոսության հիմնական արդյունքները հրապարակվել են 7 գիտական հոդվածներում, որոնք առանց բացառության ներառված են ՀՀ գիտության և բարձրագույն որակավորման կոմիտեի կողմից ընդունելի պարբերականներում:

Հերագորության ծավալը և կառուցվածքը: Հետազոտության կառուցվածքը բխում է սահմանված նպատակից և խնդիրներից: Ատենախոսությունը կազմված է ներածությունից, 3 գլուխներից, եզրակացություններից, օգտագործված գրականության ցանկից և հավելվածներից: Աշխատանքը ներառում է 144 էջ (առանց հավելվածների):

Առաջին գլխում ներկայացված է բանկային կայունության մոդելավորման տեսամեթոդական հիմքերը: Հայազգի հեղինակներից բանկային կայունությանը անդրադարձ է կատարվել Աննա Գեղամի Գևորգյանը, որտեղ ուսումնասիրվում է ինֆլյացիոն ռիսկի կառավարման հիմնախնդիրը, Վահագն Տեփոյանը, ով իր աշխատության մեջ դիտարկում և վերլուծում է ֆինանսական կայունության մոդելավորման տարբեր մոտեցումներ ու եղանակներ, Մարինա Ավետիսյանը, ով իր աշխատություններում անդրադառնում է ֆինանսակա ռիսկերի կուտակման աղբյուրներին ՀՀ-ում և Արցախում:

Աշխատության հիմնական տեսամեթոդաբանական աղբյուրները վերցվում են այլազգի հեղինակների ու հետազոտողների աշխատանքներից ու հրապարակումներից: Ընդհանուր առմամբ, ըստ առկա գրական աղբյուրների, բանկային կայունության մոդելավորումը խմբավորվում է հետևյալ ուղղություններով՝

- Էմպիրիկ հետազոտություններ
- Սթրես-թեստավորում
- Նախազգուշացնող մոդելներ
- Ցանցային հետազոտություններ
- Գործակալների վրա հիմնված մոդելներ
- Մակրոպրոդենցիալ մոդելներ
- Մեքենայական ուսուցման մոդելներ

Հետազոտական աշխատանքում ներկայացվում է ուղղություններից յուրաքայչյուրի համար գրականության վերլուծություն՝ ընդգրկելով առնվազն 5 ամենաակնառու աշխատությունները:

Բացի միջազգային ու տեղական գրականական աղբյուրների վերլուծությունից, առաջին գլխում մանրամասն անդրադարձ է կատարվում նաև ՀՀ Կենտրոնական Բանկի 2022 թ.-ի ֆինանսական կայունության հաշվետվությանը, որտեղ բնութագրվում է ՀՀ ֆինանսաբանկային համակարգի ներկա վիճակը և վեր են հանվում հիմնական ռիսկային

ուղղությունները, որոնք բացահայտվել են վիճակագրական վերլուծության, սթրեսս թեստավորման ու մակրոպրոդենցիալ ռիսկերի քարտեզի միջոցով, մատնանշվում են բանկային համակարգի ուժեղ ու թույլ ուղղությունները:

1-ին գլխի վերջին բաժնում բնութագրվում է նաև, թե ՀՀ Կենտրոնական Բանկը (ԿԲ) ինչ մեթոդներ է կիրառում բանկային կայունության մշտադիտարկման ու մոդելավորման համար, և ինչպես է թվային գնահատական տալիս համակարգի կայունությանը՝ որոշումների կայացումը հեշտացնելու համար: ՀՀ ԿԲ-ի զինանոցում առկա են մի քանի գործիքներ՝

- Դեֆոլտի հավանականության (Probability of default, PD) կանխատեսման մոդելը:

Վերջինս նկարագրում է պորտֆելի դեֆոլտի հավանականության վարքագիծը՝ կախված հնարավոր մակրոտնտեսական զարգացումներից, օրինակ՝ տնտեսական աճի սցենարից: Այս խնդրի շրջանակում ՀՀ Կենտրոնական բանկում կիրառվում է Բայեսյան մոդելային միջինացման (Bayesian Model Averaging) մեթոդը, որի իմաստը մեծ թվով էկոնոմետրիկ մոդելների արդյունքների միջինացումն է՝ կանխատեսման որակի բարելավման նպատակով: Մոդելը հիմնված է պանելային տվյալների վրա՝ ըստ բանկ-սեկտոր-արժույթ-ժամանակ տրոհման (17 բանկ, 3 սեկտոր՝ սպառողական, հիպոտեկային և բիզնես, 2 արժույթ՝ դրամ և դոլար): Մոդելում որպես բանկային կայունության ցուցանիշ և կախյալ փոփոխական է դիտարկվում անվճարունակ վարկերը, իսկ որպես անկախյալ փոփոխականներ վերցվում են տնտեսական աճը և փոխարժեքը:

- Մակրոպրոդենցյալ ռիսկերի քարտեզ

Այս մեթոդը նպատակ ունի պարզեցված ու համակարգված տեսքով ներկայացնել տնտեսության ու ֆինանսական համակարգում ընթացիկ իրավիճակը ու հիմնական միտումները, ռիսկերը և կուտակումները:

Այս փորձը հաջողությամբ կիրառվում է մի շարք եվրոպական երկրների (Լատվիա, Չեխիա, Սլովենիա, այլ) ֆինանսական հաշվետվություններում: Քարտեզի հիմնական առանձնահատկությունները հետևյալն են.

- 1) Ցուցանիշներն ազդեցացվում են երկու հիմնական խմբերում՝ ռիսկի աղբյուրների (իր հերթին չորս ռիսկի ենթախումբ է

առանձնացված) և դիսկերի կլանման ունակության: Խմբերը իրենց հերթին կազմված են 23 ցուցանիշից (կարող են նաև փոփոխվել ժամանակի ընթացքում) : Ցուցանիշների շարքերը պետք է բավարար երկար լինեն տարբեր տնտեսական ցիկլեր ներառելու համար: Ցուցանիշը նորմավորվում է և փոփոխությունը ներկայացվում է իր երկարաժամկետ շարքի նկատմամբ:

- 2) Յուրաքանչյուր ցուցանիշի, ըստ փոփոխության աստիճանի տրվում է գունավորում՝ կարմիր գույնով ներկված գնահատականները փաստում են դիսկի աճը, կանաչը՝ նվազումը: Գնահատականները թարմացվում և հաշվարկվում են եռամսյակային կտրվածքով:

- **Տարբեր սթրես թեստեր**

« ԿԲ-ն, ըստ « ԿԲ ֆինանսական կայունության հաշվետվության, բանկային համակարգը ենթարկում է տարբեր սթրես թեստերի՝ հասկանալու ու բացահայտելու համար հիմնական թույլ կողմերը ու պոտենցյալ դիսկային գոտիները: Այդ թեստերի թվին են պատկանում բանկային համակարգի վճարունակության սթրես թեստերը և բանկային համակարգի իրացվելիության սթրես թեստերը:

2-րդ գլխում անդրադարձ է կատարվում բանկային կայունության մոդելավորման մեջ կիրառվող առանձին մոդելներին, որոնք պետք է կիրառվեն 3-րդ գլխում՝ « Բանկային կայունության վերլուծության համար: Այստեղ մոդելները բաժանված են 2 հիմնական խմբերի՝ դասական էկոնոմետրիկ և մեքենայական ուսուցման մոդելների: Դասական էկոնոմետրիկ մոդելներից հետազոտության մեջ ներառվել են ARIMA մոդելը, VARMA մոդելը, գծային ու ոչ գծային ռեգրեսիոն մոդելները: Մեքենայական ուսուցման մոդելներից ներառվել են նեյրոնային ցանցերը, որոշման ծառեր և պատահական անտառներ ռեգրեսիոն մոդելները: Բացի այդ, մոդելավորման գործընթացում ներառվել են նաև Ռիդջ և Լասո ռեգրեսիաները, որոնք հետազոտության մեջ կիրառվում են փոփոխականների լայն հավաքածուից ընտրելու քիչ բազմակողմնաբարություն ունեցող և կախյալ փոփոխականը ավելի շատ բացատրող գործոնները:

Այս գլխում ուսումնասիրվում են բանկային կայունության 2 ցուցանիշներ՝ բանկային Z-score-ը և ագրեգացված ֆինանսական

կայունության ինդեքսը, որոնք կիրառվում են բանկային կայունությանը թվային գնահատական տալու համար:

Բանկային «Z-score»-ը՝ համեմատելով երկրի ֆինանսական համակարգի բուժերը եկամուտների փոփոխականության հետ, պարզում է, թե որքանով է բանկային համակարգը մոտեցել անվճարունակությանը կամ որքանով է հեռու դրանից: «Z-score»-ը հաշվարկելու համար անհրաժեշտ են հետևյալ ցուցանիշները՝

- Շահութաբերություն ըստ ակտիվների (ROA)
- Կապիտալ/Ակտիվներ (equity/assets)

Այնուհետև կիրառվում է հետևյալ բանաձևը՝
 $(ROA + (equity/assets)) / sd(ROA)$:

Այստեղ $sd(ROA)$ -ն ցույց է տալիս Շահութաբերություն ըստ ակտիվների ցուցանիշի ստանդարտ շեղումը:

Ագրեգացված ֆինանսական կայունության ինդեքսը համարվում է բանկային կայունության գնահատման բազմաբաղադրիչ ցուցանիշ: Այն բաղկացած է 4 ենթաինդեքսներից, որոնցից յուրաքանչյուրը ներկայացնում է տնտեսության առանձին հատված: Ենթաինդեքսները հետևյալն են՝

- Ֆինանսական զարգացման ենթաինդեքս (D)
- Ֆինանսական խոցելիության ինդեքս (V)
- Ֆինանսական աղմուկի ինդեքս (S)
- Միջազգային տնտեսական իրադրության ինդեքս (W)

Ենթաինդեքսները իրենց հերթին տարանջատվում են ենթացուցանիշների՝ կազմվելով ընդհանուր 19 ենթացուցանիշներից:

Վերջնական ինդեքսը (AFSI) հաշվարկվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$AFSI = (4Dt + 8Vt + 4St + 3Wt) / 19$$

Աշխատանքում իրականացվել է վերոնշյալ 2 ցուցանիշների հաշվարկ << համար՝ ագրեգացված ֆինանսական կայունության ինդեքսը՝ տարեկան, իսկ բանկային «Z-score»-ը՝ ամսեկան կտրվածքով: Բանկային «Z-score»-ը ընտրվել է որպես բանկային կայունությունը բնութագրող հիմնական ցուցանիշ՝ դրա վրա տարբեր գործոնների ազդեցության գնահատման ու գործոնների բացահայտման համար:

Հաջորդիվ պատկերված գծապատկեր 1-ը ցույց է տալիս ամսեկան հաշվարկած բանկային Z-score-ի դինամիկան << բանկային համակարգի

համար, որի բարձր ու ցածր արժեքները մատնանշում են համապատասխանաբար կայուն և ճգնաժամային ամիսները:

Գծապատկեր 2-ը ցույց է տալիս ՀՀ-ում ագրեգացված ֆինանսական կայունության ինդեքսի և նրա ենթաինդեքսների փոփոխությունը ըստ տարիների, որտեղ՝

D -Ֆինանսական զարգացման ենթաինդեքս

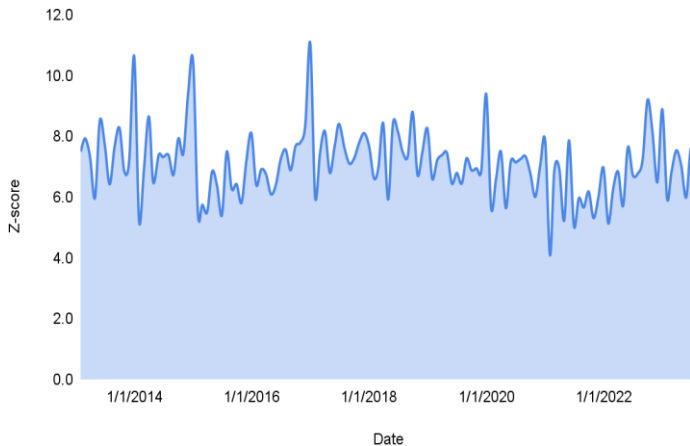
V -Ֆինանսական խոցելիության ենթաինդեքս

S -Ֆինանսական աղմուկի ենթաինդեքս

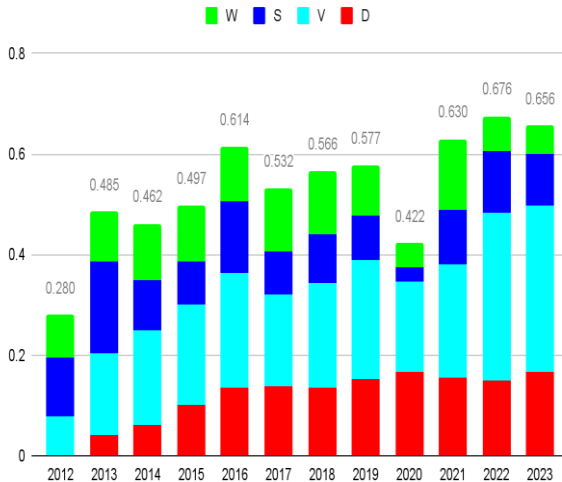
W-Միջազգային տնտեսական իրադրության ինդեքս

Ինչպես տեսնում ենք, 2020 թ.-ին գրանցվել է տնտեսական ճգնաժամ, և բանկային կայունությունը կտրուկ անկում է ապրել: Անկումը մեծապես պայմանավորված է ինդեքսի միջազգային կոմպոնենտի նվազումով, որը բացատրվում է ՔՈՎԻԴ-19-ի տնտեսական հետևանքներով ու տնտեսական ակտիվության դանդաղեցմամբ: Բացի միջազգային կոմպոնենտից, այդ տարի նվազել է նաև Ֆինանսական աղմուկի ենթաինդեքսը (S) և ֆինանսական խոցելիության ինդեքսը:

Գծապատկեր 1. «Z-score»-ի դինամիկան ՀՀ-ում (01.2013-09.2023)



Գծապատկեր 2. Ազդեցացված ֆինանսական կայունության ինդեքսի դինամիկան 2012-2023 թթ.



2-րդ գլուխը ներառում է նաև ՀՀ բանկային համակարգի կայունության վրա ուղղակիորեն ու անուղղակիորեն ազդող ցուցանիշների վերլուծություն՝ ռիսկային հիմնական ուղղությունների բացահայտման ու ուսումնասիրության համար: Ըստ այդ վերլուծության, ՀՀ ԿԲ-ում բացահայտվել են հետևյալ ռիսկային ուղղությունները՝

- Արժույթային ռիսկ
- Ինֆլյացիոն ռիսկ
- Վարկային ռիսկ
- Տեխնոլոգիական փոփոխությունների հետ կապված ռիսկեր
- Տնտեսական ցնցումների հետ կապված ռիսկեր

Աշխատանքի 3-րդ գլխում, ուսումնասիրվող մոդելներից յուրաքանչյուրը կիրառվել է բանկային Z-score-ի ամսական արժեքը կանխատեսելու, ինչպես նաև բազմագործոն մոդելավորման մեջ կիրառվող գործոնների ազդեցությունը գնահատելու համար:

Բոլոր մոդելները, բացի ARIMA մոդելից, համարվում են բազմագործոն մոդելներ: Բազմագործոն մոդելներում, նախնական դիտարկվել են թվով 49 գործոններ բանկային կայունությունը

մողելավորելու համար, սակայն դրանց մի մասը միավորվել են, որոշները ֆիլտրվել՝ ընտրելով միայն նշանակալի, քիչ բազմակողմնետարություն ունեցող, և ոչ չափից դուրս բարձր ռեգրեսիոն գործակիցներ ունեցող մողելները: Գործոնների ֆիլտրումը իրականացվել է եռաստիճան մոթոդով՝ նախ ֆիլտրելով Լասսո ռեգրեսիայի 0-ական գործակցով գործոնները, ապա Ռիդջ ռեգրեսիայի ցածր գործակիցներ ունեցող գործակիցները, և վերջում՝ կախյալ փոփոխականի հետ ցածր կոռուլացված գործոնները: Ֆիլտրման գործընթացը կիրառվել է միայն դասական էկոնոմետրիկ մողելների դեպքում, քանզի մեքենայական ուսուցման մեթոդները ունակ են ավտոմատ կերպով ֆիլտրել ոչ նշանակալի փոփոխականները:

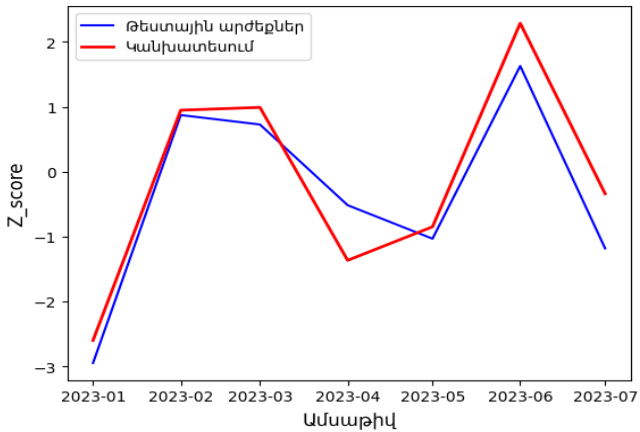
Բոլոր գործոնները, մինչև մողելներում ներառելը, ստացիոնարացվել են համապատասխան դիֆերենցիալով և ստանդարտացվել՝ հետազոտությունից հանելով շարքի միջինը և արդյունքը բաժանելով ստանդարտ շեղման վրա:

2-րդ գլխում ուսումնասիրված մողելներից յուրաքանչյուրի համար գնահատվել է մողել << ֆինանսատնտեսական տվյալների հիման վրա՝ նախ գնահատելով մողելը շարքերի բազային արժեքների վրա, ապա ներառելով նաև շարքերի (և՛ կախյալ, և՛ անկախ փոփոխականների) լագավորված արժեքները:

Մողելների արդյունավետությունը գնահատելու համար, մողելները սովորեցվել են հասանելի տվյալների 95 %-ի վրա, այնուհետև իրականացվել է կանխատեսում՝ օգտագործելով անկախ փոփոխականի շարքերի մնացած 5 %-ը: Կանխատեսված արժեքները համեմատվել են կախյալ փոփոխականի թեստային արժեքների հետ՝ հաշվարկելով միջին քառակուսային սխալ:

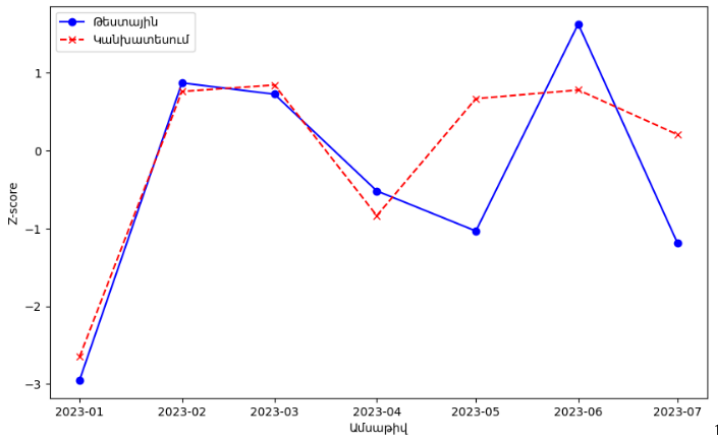
Լավագույն մողելների կանխատեսած արժեքների ու իրական արժեքների համեմատությունը ներկայացված է ստորև գծապատկերներում՝

Գծապատկեր 3. Գծային ռեգրեսիոն մոդելի (ներառյալ լագեր) թեստային և կանխատեսված արժեքների համեմատությունը



Միջին քառակուսային սխալը՝ 0.299

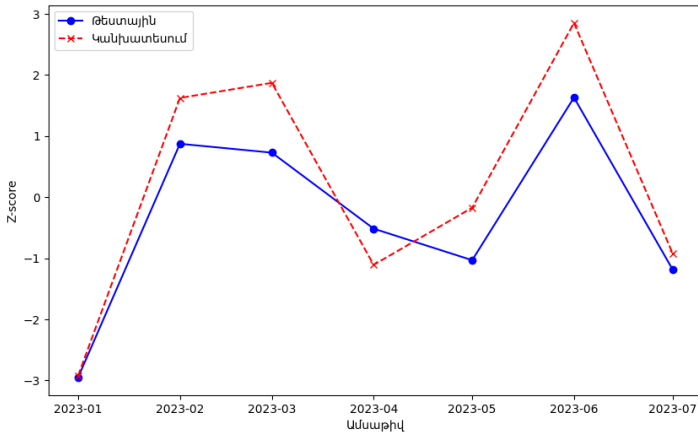
Գծապատկեր 4. «Պատահական անտառ» մոդելի (ներառյալ լագեր) կանխատեսած ու թեստային արժեքների համեմատությունը



Միջին քառակուսային սխալը՝ 0.73:

¹ Հեղինակի հաշվարկ

Գծապատկեր 5. Նեյրոնային ցանցերի մոդելի կանխատեսած ու թեստային արժեքների համեմատություն



2

Միջին քառակուսային սխալ՝ 0.64

Ըստ գծապատկերների, կանխատեսման կարողությամբ ու միջին քառայուսային սխալների փոքրությամբ առաջատարը դասական գծային ռեգրեսիոն մոդելն է, որին հաջորդում է նեյրոնային ցանցեր մոդելը և պատահական անտառ մոդելը: Պատահական անտառ մոդելը բավականին ճշգրիտ է կանխատեսել առաջին 3 ժամանակաշրջանը, սակայն հաջորդ 4 ամիսների կանխատեսումը շեղված է իրականությունից: **Եզրակացություններ**

- Բանկային Z-score-ը արդյունավետ ցուցանիշ է << բանկային կայունությանը թվային արտահայտություն տալու համար, քանզի հեշտ է հաշվարկել, մեկնաբանելի է և հնարավոր է ստանալ ամսական կտրվածքով տվյալներ
- Գնահատված մոդելներից, << բանկային կայունության մոդելավորման համար որպես լավագույն մոդելներ առանձնացվել են դասական գծային ռեգրեսիոն մոդելը (ներառյալ լագավորված արժեքներ), նեյրոնային ցանցեր մոդելը (ներառյալ լագավորված արժեքներ), և պատահական անտառ մոդելը (ներառյալ լագավորված արժեքներ)

² Հեղինակի հաշվարկ

- Դասական գծային ռեգրեսիոն մոդելը ցույց է տվել նվազագույն կանխատեսման սխալը, միևնույն ժամանակ բաց թողնելով ոչ գծայնորեն ազդող մի շարք կարևոր փոփոխականների ազդեցությունը:
- Պատահական անտառ և նեյրոնային ցանց մոդելները ցույց են տվել համեմատաբար մեծ միջին քառակուսային սխալ, սակայն ավելի արդյունավետ են ոչ գծային ազդեցություն ունեցող գործոնների հայտնաբերման ու նրանց ազդեցության կարևորությունը հասկանալու համար: Միևնույն ժամանակ, այս մոդելները համարվում է մասամբ ոչ մեկնաբանելի, քանի որ տրամադրում են միայն ցուցանիշների կարևորության գործակիցները՝ առանց տրամադրելու տեղեկատվություն կախյալ փոփոխականի վրա ազդեցության կոնկրետ չափի և ուղղության մասին:
- Գնահատված մոդելներում, բացի որոշման ծառ մոդելից, ներառելով նախորդ 2 ամիսների լազերը, լավանում է մոդելների որակը և կանխատեսման կարողությունը՝ փաստելով շատ գործոնների փոփոխության արդյունքում բանկային կայունության փոփոխության «ուշացած» բնույթի մասին
- Կարելի է համադրել մոդելներից յուրաքանչյուրի առավելությունները և հաշվի առնել թերությունները՝ ՀՀ ԿԲ-ի համար նախազգուշացման արդյունավետ համակարգ մշակելու համար: Պատահական անտառ և նեյրոնային ցանցեր մոդելները կարող են օգտագործվել կայունության վրա ազդող ցուցանիշները ու նրանց կարևորությունը հասկանալու համար, իսկ դասական ռեգրեսիոն մոդելը արդյունքվետ կլինի գծայնորեն ազդող գործոնների ազդեցության չափը և ուղղությունը հաշվելու համար:
- Հետազոտության արդյունքում, պարզվել է որ Z-score-ով արտահայտված բանկային կայունության վրա ամենաշատ ազդող գործոններն են՝

Ըստ Դասական գծային ռեգրեսիոն մոդելի՝

Արտարժույթային պահուստներ, բանկերի զուտ ներքին ակտիվների առաջին լազ, սպառողական վարկեր (արտարժույթով), արդյունաբերական վարկեր (արտարժույթով), առևտրային վարկեր

(արտարժույթով), ռեպո գործարքների 1-ին և 2-րդ լազեր, ոչ առևտրային դրամական փոխանցումների զուտ ներհոսքի 1-ին լազ, կառավարության զուտ ներքին ակտիվներ, վերջինիս առաջի լազ, արտաքին պարտքը, չաշխատող վարկերի հարաբերությունը ընդհանուր վարկերին և «Z-score»-ի 1-ին լազ: Վերջին 4 ցուցանիշների ազդեցությունը բանկային կայունության վրա բացասական է:

Ըստ ներդրման ցանցեր մոդելի՝

Բանկերի զուտ ներքին ակտիվների առաջին լազ, ոչ առևտրային դրամական փոխանցումների զուտ ներհոսք, առևտրային դրամական փոխանցումների զուտ ներհոսք (բազային արժեք, 1-ին, 2-րդ լազեր), կրիպտոարժույթի գներ (բազային արժեք, 1-ին, 2-րդ լազեր), կառավարության զուտ ներքին ակտիվներ (1-ին լազ), հատուկ փոխառության ինդեքսի պահուստների ծավալ (1-ին լազ), ներդրումային ընկերությունների ընդհանուր կապիտալ (1-ին, 2-րդ լազեր), ՀՀ դրամով ժամկետային ավանդներ (1-ին լազ), արտարժույթով ավանդներ, այլ վարկեր (1-ին, 2-րդ լազեր), այլ վարկերը արտարժույթով (1-ին, 2-րդ լազեր), արդյունաբերական վարկերը արտարժույթով (1-ին լազ), շահութաբերությունն ըստ ակտիվների (2-րդ լազ), շրջանառությունում կանխիկ դրամ (1-ին լազ), բարձր իրացվելի ակտիվների հարաբերությունը ցպահանջ պարտավորություններին (2-րդ լազ):

Ամբողջական ցանկը ներկայացված է հեղաղտության աշխատանքում

Ըստ պատահական անտառ մոդելի՝

Ոչ առևտրային դրամական փոխանցումների զուտ ներհոսք, «Z-score» (1,2 լազեր), արտարժույթային պահուստներ, արտարժույթով ավանդներ, բանկերի զուտ ներքին ակտիվներ, շահութաբերությունն ըստ կապիտալի, ներդրումային ընկերությունների ռեպո գործարքներ (1-ին, 2-րդ լազեր), շրջանառությունում կանխիկ դրամ (1,2 լազեր), բարձր իրացվելի ակտիվների հարաբերությունը ցպահանջ պարտավորություններին (1-ին լազ), ՍԳԻ (2-րդ լազ), ԱՄՆ դոլար/Դրամ փոխարժեք, անհատների ռեպո համաձայնագրեր (2-րդ լազ), այլ վարկեր արտարժույթով:

Ըստ որոշումների ծառ մոդելի՝

Ոչ առևտրային դրամական փոխանցումների զուտ ներհոսք, արտարժույթային պահուստներ, արտարժույթով ավանդներ,

շահութաբերությունն ըստ ակտիվների, արտաքին պարտք, բանկերի զուտ ներքին ակտիվներ, ՍԳԻ, կրիպտոարժույթի գներ, նորմատիվային ընդհանուր կապիտալի հարաբերությունը ռիսկով կշռված ակտիվների, դոլարայնացման մակարդակ, ընդհանուր կապիտալ, պետական պարտատոմսերի եկամտաբերություն, ԱՄՆ դոլար/Դրամ փոխարժեք:

Ատենախոսության Հիմնական Դրույթները Ներկայացված Են Հեղինակի Հետեվյալ Հրապարակումներում՝

1. Դ.Գ.Մինասյան, Գ.Ս.Պետրոսյան, «Արժույթային ճգնաժամեր, արժույթային ճգնաժամերի ազդեցությունը ՀՀ տնտեսական աճի վրա», Տարածաշրջան և աշխարհ, 2020 № 5, էջ 177-180
2. Դ.Գ.Մինասյան, «Միջազգային փորձը տեխնոլոգիապես բաց բանկային գործունեության դաշտում (open banking) և նրա կիրառելիությունը ՀՀ-ում», «Մեսրոպ Մաշտոց համալսարանի լրատու», 2021 #5
3. D.G. Minasyan, «The Impact of COVID-19 and 44-day Artsakh war on the dynamics of banking system stability indicators of Armenia», Region and The World, 2022, №2, p. 86-93
4. D.G. Minasyan, «Modelling the Banking stability of Armenia using ARIMA model», Region and The World, 2023, №4, p. 108-114
5. D.G. Minasyan, «Banking Stability Multifactor Modelling Using Varma Methodology in the Republic of Armenia», Messenger of ASUE, 2024/1, p.66-79
6. D.G. Minasyan, «Banking stability multifactor modelling in Armenia using Machine Learning», Region and The World, 2024, №3
7. D.G. Minasyan, «Banking Stability Modelling For Armenia: Decision Tree Approach», ALTERNATIVE Quarterly Academic Journal, 2024

ДАВИД МИНАСЯН ГАРИКОВИЧ

**ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФАКТОРОВ,
ВЛИЯЮЩИХ НА БАНКОВСКУЮ СТАБИЛЬНОСТЬ**

Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук по специальности 08.00.08 – “Математическое моделирование экономики”

Защита диссертации состоится 20-го Декабря 2024 года, в 13:30 часов, на заседании специализированного совета по экономике 015 КВОН РА, действующего в Ереванском государственном университете по адресу г. Ереван, 0025, ул. Абовяна 52.

РЕЗЮМЕ

Актуальность темы исследования

Финансово-банковская система регулярно подвергается внутренним и внешним потрясениям, и банковской системе необходимо точно оценивать факторы, влияющие на стабильность. Актуальность исследования определяется необходимостью предпринять профилактические меры для смягчения шоков и разработки эффективной политики предотвращения финансовых кризисов. Более того, в связи с развитием технологий методы машинного обучения набирают популярность во всех отраслях экономики, что делает актуальным исследование возможности внедрения методов машинного обучения в банковской системе РА, а также оценку совместимости этих моделей для банковской системы РА. В Центральном Банке РА в настоящее время нет завершенных исследований по эконометрической оценке влияния различных факторов на банковскую стабильность с использованием методов машинного обучения, поскольку это выходит за рамки интересов ЦБ как разработчика политики, что делает диссертацию новаторской.

Цель и задачи исследования

Цель исследования заключается в выявлении моделей, факторов и методологии, которые наилучшим образом предсказывают стабильность банковской системы РА в результате сравнения различных методов моделирования.

Задачи исследования включают:

- Изучение текущего состояния стабильности банковской системы РА, основных рисков и текущей методологии оценки стабильности.
- Поиск и расчет эффективного индикатора для количественной оценки стабильности банковской системы.
- Поиск и отбор основных факторов, которые определяют стабильность банковской системы РА и будут эффективны для построения моделей.

- Проведение моделирования стабильности банковской системы РА с использованием классических эконометрических моделей: ARIMA, VARMA, классической линейной регрессии, моделей полиномиальной регрессии.
- Внедрение моделирования стабильности банковской системы РА с использованием моделей машинного обучения, таких как деревья решений, модели случайных лесов и нейронные сети.
- Проведение сравнительного анализа между эконометрическими и методами машинного обучения, выявление преимуществ, недостатков и целесообразности каждого метода в моделировании стабильности банковской системы Республики Армения.
- Поиск наилучших моделей для моделирования стабильности банковской системы РА на основе качества моделей, прогностической способности, выбранных значимых факторов и их коэффициентов.
- Выявление основных финансовых и экономических факторов, которые, согласно моделям, определяют стабильность банковской системы РА, и проведение количественной оценки их влияния.

Объект и предмет исследования

Объектом исследования является стабильность банковской и финансовой системы РА как макроэкономическое явление.

Предметами исследования являются банковский "Z-score", который показывает расстояние системы от дефолта, различные финансовые и макроэкономические показатели, влияющие на стабильность банковской системы, классические эконометрические и модели машинного обучения, используемые в исследовании.

Научные результаты и новизна исследования

В результате исследования, моделирования и расчетов, проведенных в рамках диссертации, были предложены следующие научные инновации:

- Для моделирования стабильности банковской системы Армении была разработана модель, где банковский "Z-score" используется как зависимая переменная, а 49 факторов, взятых из различных секторов экономики, рассматриваются как независимые переменные.
- Разработаны экономико-математические модели для прогнозирования будущих значений стабильности банковской системы Армении и оценки влияния различных факторов на них, включая алгоритмы машинного обучения. В результате были выявлены эффективные модели для моделирования банковской стабильности в Армении: модель случайного леса, нейронные сети и классическая линейная регрессионная модель.
- Для банковской системы Армении был рассчитан агрегированный индекс финансовой стабильности (AFSI), который может использоваться как показатель оценки банковской стабильности страны.

DAVIT GARIK MINASYAN

**ECONOMIC-MATHEMATICAL MODELLING OF THE FACTORS AFFECTING THE
BANKING STABILITY**

The abstract of the dissertation for pursuing the degree of Ph.D. in Economics in the field 08.00.08 - “Mathematical modelling of the economy” .

The defense of the dissertation will take place at 13:30 on December 20, 2024, at the meeting of the Specialized Council 015 in Economics of the RA HESC, acting at the Yerevan State University.

Address: 0025, 52 Abovyan Street, Yerevan.

ABSTRACT

The relevance of the research topic

The financial and banking system is regularly exposed to internal and external shocks, and the banking system needs to accurately assess the factors affecting stability. The topicality of the research is determined by the need to take preventive steps to mitigate shocks and develop an effective policy for preventing financial crises. Moreover, due to technological developments, machine learning methods are gaining popularity in all sectors of the economy, making it urgent to investigate the possibility of implementing machine learning methods in the RA banking system, as well as evaluating the compatibility of these models for RA banking data. Currently, there is no completed research at the Central Bank of Armenia related to the econometric assessment of the impact of various factors on banking stability using machine learning methods, as this is outside the interests of the CBA as a policymaker, which makes the subject innovative.

The purpose and problems of the research

The purpose of the research is to identify the models, factors and methodology that best predict the stability of the banking system of the RA as a result of the comparison of different modelling methods.

The research problems are as follows:

- To study the current situation of RA banking stability, the main risks and the current methodology of stability assessment
- Finding and calculating an effective indicator to quantify the banking stability
- Search and filter the main factors affecting banking stability, which determine the banking stability of RA and will be effective for building models

- To carry out modelling of RA banking stability using classical econometric models: ARIMA, VARMA, classical linear regression, polynomial regression models
- To implement banking stability modelling of RA using machine learning models: decision trees, random forest models and neural networks.
- Carry out a comparative analysis between econometric and machine learning methods, showing the advantages, disadvantages and appropriateness of each method in modelling the stability of the banking system of the Republic of Armenia
- Finding the best models for modelling RA banking stability, based on model quality, forecasting ability, selected significant factors and their coefficients
- To find the main financial and economic factors that, according to the models, determine the banking stability in RA, and to give a numerical assessment of their influence

The object and subject of the research

The object of research is the stability of the RA banking and financial system as a macroeconomic phenomenon. The subjects of the research are the banking "Z-score", which shows the system's distance from default, various financial and macroeconomic indicators that affect banking stability, classical econometrics and machine learning models used in the research.

Scientific results and novelty of research

Due to the study, modelling and calculations, analysis performed within the framework of the dissertation, the following scientific innovations were put forward.

- For the modeling of the stability of the Armenian banking system, a model has been developed where the bank Z-score is used as a dependent variable, and 49 factors taken from different sectors of the economy are considered as independent variables.
- Econometric models have been developed for forecasting the future values of banking stability and evaluating the impact of various factors, including the application of machine learning algorithms. As a result, the most effective models for modeling the banking stability in Armenia have been identified: random forest model, neural networks, and classical linear regression model.
- An aggregated financial stability index (AFSI) has been calculated for the Armenian banking system on an annual basis, which can be used as an indicator for assessing the country's banking stability.

