И. АРАБАЕВ атындагы КЫРГЫЗ МАМЛЕКЕТТИК УНИВЕРСИТЕТИ

И. РАЗЗАКОВ атындагы КЫРГЫЗ МАМЛЕКЕТТИК ТЕХНИКАЛЫК УНИВЕРСИТЕТИ

Диссертациялык кеңеш Д 05.23.689

Кол жазма укугунда
УДК 681.142.35

Давлятова Бузира

РЕГРЕССИЯЛЫК МОДЕЛДЕРДИН КАЛДЫКТАРЫНЫН АВТОКОРРЕЛЯЦИЯСЫНЫН ЖАНА МУЛЬТИКОЛЛИНЕАРДУУЛУГУНУН ПРОБЛЕМАЛАРЫ

05.13.16 - Илимий изилдөөлөрдө эсептөө техникаларын, математикалык моделдөөнү жана математикалык методдорду колдонуу

Техника илимдеринин кандидаты окумуштуулук даражасын изденип алуу үчүн жазылган диссертациянын **АВТОРЕФЕРАТЫ**

Бишкек – 2024

Диссертациялык иш И.Арабаев атындагы Кыргыз мамлекеттик университетинин «Колдонмо информатика» кафедрасында аткарылды. Диссертант Давлятова Б.Д. илимий жетекчиси Курманбек уулу Талантбекке ыраазычылыгын билдирет.

Илимий жетекчи:	**Курманбек уулу Талантбек**, техника илимдеринин доктору, И.Арабаев атындагы КМУнун окуу иштери боюнча проректору
Расмий оппоненттери:	**Абдылдаев Мукаш Юнусалиевич,** техника илимдеринин доктору, И.Арабаев атындагы КМУнун колдонмо кафедрасынын профессору
	Султанов Райымбек Касымович, физика-математика илимдеринин кандидаты, доцент, Кыргыз-Турк Манас университетинин компьютердик инженерия бөлүмүнүн башчысы
Жетектөөчү мекеме:	М.Х. Дулати атындагы Тараз аймактык университетинин колдонмо информатика жана программалоо кафедрасы, Казакстан Республикасы, H02T7A5 Тараз шаары, Сулейменов көч., 7.

Диссертацияны коргоо 2024-жылдын 29-мартында саат 14:00 дө техника илимдеринин доктору (кандидаты) жана физика-математика илимдеринин кандидаты илимий даражасын изденип алуу боюнча И. Арабаев атындагы Кыргыз мамлекеттик университетинин жана И.Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университетинин Д 05.23.689 диссертациялык кеңешинин отурумунда 770026, Бишкек шаары, Раззаков көч. 51-А, И.Арабаев атындагы КМУнун конференц-залы дареги боюнча өтөт.

Диссертацияны коргоонун онлайн трансляциясынын идентификациялык коду: https://vc.vak.kg/b/d05-xy8-8iw-xsw

Диссертациялык иш менен И.Арабаев атындагы Кыргыз мамлекеттик университетинин (720026, Бишкек ш., Раззаков көчөсү 51-А) жана И.Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университеттин (720044, Бишкек ш., Айтматов проспектиси 66) китепканаларынан жана КР УИАнын сайтында (https://vak.kg) таанышууга болот.

Автореферат 2024-жылдын 28-февралында жөнөтүлдү.

Диссертациялык кеңештин окумуштуу

катчысы, ф.-м.и.к. Асанбекова Н.О.

ИШТИН ЖАЛПЫ МҮНӨЗДӨМӨСҮ

Теманын актуалдуулугу. Эконометрикалык моделдерди курууда тандап алуу ыкмасы колдонулат, б.а. изилденип жаткан өзгөрмөлөрдүн статистикалык маалыматтарынын чектүү жыйындысы, мындан тышкары, экономикалык өзгөрмөлөр кокустук чоңдуктар болуп саналат жана маселенин коюлушуна жараша моделде бардык көз карандысыз өзгөрмөлөр эске алынбайт ж.б. Ошондуктан жогорку сапаттагы моделдерди алуу маанилүү болуп саналат. Талдоо жана болжолдоо үчүн сапаттык моделди гана колдонсо болот.

Бул эмгекте регрессиялык моделдердин сапатына таасир этүүчү кээ бир көйгөйлөр талданат: калдыктардын автокорреляциясын, гетероскедастиканы аныктоо жана жоюу. Көрсөтүлгөн көйгөйлөр боюнча автордун сунуштары берилген.

Мындан тышкары, көп өзгөрмөлүү эконометрикалык моделдерди түзүүдө мультиколлинеардуулуктун болушу дагы проблемаларды жаратат. Бул диссертацияда көп өзгөрмөлүү регрессиялык моделдердин көз карандысыз өзгөрмөлөрүн тандоо, моделдердин сапатын текшерүү жана мындай моделдерди куруудагы айрым маселелерди чечүү боюнча сунуштар каралган.

Эң кичине квадраттар ыкмасы менен алынган эконометриялык моделдерди баалоо касиеттери моделдин кокустук компонентине абдан көз каранды экени белгилүү, ошондуктан моделдин кокустук мүчөсүнүн жүрүм-турумуна жана Гаусс-Марковдун шарттарына кокустук компоненти боюнча өзгөчө көңүл бурулат.

Диссертациянын темасынын приоритеттүү илимий багыттар менен байланышы, негизги илимий изилдөө иштери. Диссертациялык иш И.Арабаев атындагы КМУнун прикладдык информатика кафедрасынын илимий изилдөө иштеринин планына ылайык аткарылган.

Изилдөөнүн максаттары жана милдеттери. Изилдөөнүн максаты сапаттык моделдерди текшерүү жана алуу ыкмалары боюнча эконометрикалык моделдөөнүн методологиясын өнүктүрүү болуп саналат. Бул максатка жетүү үчүн төмөнкү милдеттер коюлган:

1. Моделдин калдыктарынын автокорреляциясын аныктоо методдорун изилдөө жана өзүнүн сунушун иштеп чыгуу;
2. Моделдин калдыктарынын автокорреляциясын жок кылуу ыкмаларын изилдөө жана өзүнүн сунушун иштеп чыгуу;
3. Көп өзгөрмөлүү регрессиялык моделдердин көз карандысыз өзгөрмөлөрүн тандоо ыкмаларын изилдөө жана өзүнүн сунушун иштеп чыгуу;
4. Көп өзгөрмөлүү регрессиялык моделдерди мультиколлинеардык шарттарда куруунун проблемаларын изилдөө жана өзүнүн сунушун иштеп чыгуу;

5. Регрессиялык моделдерди куруучу автоматташтырылган системаны иштеп чыгуу.

Алынган натыйжалардын илимий жаңылыгы. Изилдөөнүн натыйжалары төмөндөгүдөй:

1. Моделдин калдыктарынын автокорреляциясын аныктоо үчүн жаңы тест иштелип чыкты.

2. Калдыктардын автокорреляциясын жоюу үчүн $AR(1)$ авторегрессивдүү кайра түзүүнү колдонууда калдыктар ортосундагы автокорреляция коэффициентинин маанисин тандоодо жаңы ыкма сунушталат;

3. Жупташтырылган корреляция коэффициенттеринин жана тиешелүү айрым корреляция коэффициенттеринин белгилеринин дал келбеген учурларында, көп өзгөрмөлүү регрессиялык моделдерде көз карандысыз өзгөрмөлөрдү тандоо үчүн жаңы ыкма сунушталат;

4. Көп өзгөрмөлүү регрессиялык моделдерде мультиколлинеардык шарттарда ар бир түшүндүрүүчү өзгөрмөнүн көз каранды өзгөрмөсүнө таасирин аныктоо үчүн жаңы ыкма сунушталат;

5. Регрессиялык моделдерди куруучу автоматташтырылган системасы иштеп чыгылды.

Алынган натыйжалардын практикалык мааниси. Эконометрикалык моделдердин сапатын изилдөөдө алынган натыйжалар моделдердин сапатын жогорулатууга көмөктөшөт, адекваттуу моделдерди алуу мүмкүнчүлүктөрүн кеңейтет.

Иштелип чыккан автоматташтырылган системасы регерссиялык моделдерди курууга жана сапатын изилдөөгө мүмкүндүк берет. Бул системага 2016-жылдын 14-июлунда Кыргыз Республикасынын Мамлекеттик патент кызматында №410 күбөлүк алынган жана И.Раззаков атындагы КМТУнун окуу процессине өздөштүрүлүп, аткаруу актысы менен тастыкталган.

Алынган натыйжалардын экономикалык мааниси. Алынган натыйжалардын экономикалык мааниси иштелип чыккан методдорду колдонуу менен кыйла ишенимдүү натыйжаларды жана болжолдоолорду алууга мүмкүндүк берүүчү эконометрикалык моделдердин сапатын жогорулатууда, ошондой эле иштелип чыккан автоматташтырылган системаны колдонуу менен регрессиялык моделдерди курууда жана алардын сапатын толук изилдөөдө турат.

Жактоого чыгуучу негизги жоболор.

1. Регрессиялык моделдин калдыктарынын автокорреляциясын текшерүү үчүн жаңы тест.

2. Калдыктардын автокорреляциясын жоюу үчүн $AR(1)$ авторегрессивдүү кайра түзүүнү колдонууда калдыктар ортосундагы автокорреляция коэффициентинин ρ маанисин тандоодо жаңы ыкма сунушталат.

3. Көп өзгөрмөлүү регрессиялык моделдердеги түшүндүрүүчү өзгөрмөлөрдүн жупташкан корреляция коэффициенттеринин белгилери менен тиешелүү айрым корреляция коэффициенттеринин ортосунда дал келбеген учурда көз карандысыз өзгөрмөлөрдү тандоонун жаңы ыкмасы.

4. Көп өзгөрмөлүү регрессиялык моделдерде мультиколлинеардык шартында көз каранды өзгөрмөсүнө ар бир түшүндүрүүчү өзгөрмөнүн таасирин аныктоо үчүн жаңы моделдөө ыкмасы.

5. Регрессиялык моделдерди түзүү үчүн автоматташтырылган маалымат системасы.

Диссертанттын жеке салымы өз алдынча изилдөө жүргүзүүдөн, илимий натыйжаларды алуудан, аларды талдоодон жана негизги корутундуларды түзүүдөн, регрессиялык моделдерди куруунун автоматташтырылган системасын иштеп чыгуудан турат.

Диссертациянын апробациясы. Иштин негизги жыйынтыктары илимий семинарларда жана конференцияларда баяндалган жана талкууланган.

Жыйынтыктарды жарыялоонун толуктугу. Изилдөөлөрдүн жыйынтыгы жана диссертациянын негизги мазмунун чагылдырган жоболордун негизинде 17 илимий эмгек жарык көргөн.

ИШТИН НЕГИЗГИ МАЗМУНУ

Киришүүдө иштин жалпы мүнөздөмөсү берилген, жогорку сапаттагы регрессиялык моделдерди курууда каралып жаткан проблемалардын кыскача баяндамасы берилген.

Биринчи бөлүмдө «Калдыктардын автокорреляциясы жана мультиколлинеардуулук проблемалары боюнча адабияттарга талдоо салуу» боюнча изилдөө жасалган. Эконометрикалык моделдердин сапатын изилдөө боюнча илимий адабияттарды талдоодо ар кандай пикирлердин кеңири чөйрөсү келтирилген, бул жаатта аткарыла турган иштер али көп экендигин айгинелейт. Эконометрикалык методдор өнүгүп, жаңы ыкмалар пайда болуу менен көбүнчө айрым кырдаалдарда өзгөчө кылдат ыкмалар талап кылынат.

Көп өзгөрмөлүү регрессиялык моделдердеги калдыктардын автокорреляциясы жана мультиколлинеардуулук маселелери боюнча илимий изилдөөлөрдү камтыган авторлордун эмгектери каралган.

М.П. Базилевский, А.И.Орлова, С.А. Айвазян, Лапач С.Н., Раденко С.Г., Розенцвайг А.К. жана башка авторлордун изилдөөлөрү калдыктардын автокорреляциясын аныктоого жана жоюуга, көп өзгөрмөлүү моделдердеги мультиколлинеардуулуктун проблемаларын чечүүгө арналган. Кыргыз окумуштууларынан Б.И. Бийбосуновдун, И.В. Лукашованын, С. К. Кыдыралиевдин эконометрикалык моделдөө боюнча эмгектерин белгилөөгө болот.

Экинчи глава «Изилдөөнүн методологиясы жана методдору». Эконометрикалык моделдерди иштеп чыгуунун жана алардын сапатын изилдөөнүн негизги методологиялары келтирилген. Эконометриканын салттуу жана заманбап методологиясы баяндалат.

Модель калдыктарынын автокорреляциясынын маселелери, аларды аныктоо жана жоюу ыкмалары жана көп өзгөрмөлүү регрессиялык моделдердеги көз карандысыз өзгөрмөлөрдүн мультиколлинеардуулук проблемасы, аларды жоюу ыкмалары баяндалган.

Үчүнчү бөлүм “Моделдин калдыктарынын автокорреляциясын, гетероскедастикти, көп өзгөрмөлүү регрессиялык моделдердеги мультиколлинеардуулукту изилдөө”.

Эконометрикалык моделдер изилденүүчү өзгөрмөлөрдүн чектелген сандагы маанилерин колдонуу менен түзүлөт, б.а. тандалган бирикмелердин үлгүсү жана алар эмпирикалуу же бааланууга ылайыктуу болушат.

Сызыктуу регрессиянын моделдерине өзгөчө көңүл бурулат, анткени сызыктуу эмес моделдердин көбү сызыктуу формага келтирүү менен курулат. Y өзгөрмөсүнүн көз каранды эмес m элементтен турган $X=(x_1,x_2,\ldots,x_m)$ көз карандылыгы каралсын дейли. Сызыктуу регрессиянын теориялык модели төмөнкү формага ээ:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \ldots + \beta_m X_m + \varepsilon \qquad (1)$$

Y- көз каранды өзгөрмө; $X_1, X_2, \ldots, X_m$ - көз каранды эмес өзгөрмөлөр, ε – кокустук регрессия катасы; $\beta_1, \beta_2, \ldots \beta_m$ – регрессия коэффициенттери, β_0, – бош мүчө.

Теориялык сызыктуу регрессия моделинин (1) ордуна анын баалануучу эмпирикалык регрессиялык модели түзүлөт:

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \ldots + b_m X_m + e \qquad (2)$$

Эң кичине квадраттар методун колдонуу менен минималдаштырылуучу функцияны – моделдин четтөөлөрүнүн квадраттарынын суммасынын минимумуна туура келген коэффициенттерди табабыз:

$$Q = \sum_{i=1}^{n} e_i^2 = \sum_{i=1}^{n} \left[y_i - (b_0 + \sum_{j=1}^{m} b_j x_{ij}) \right]^2 \Rightarrow \min \qquad (3)$$

Мында табылган коэффициенттер $b_0, b_1, b_2, \ldots, b_m$ тиешелүү түрдө β_0 , β_1, β_2, ... β_m коэффициенттеринин баалары болуп эсептелет. Регрессиялык моделдерди изилдөөнү улантууда ар бир x үчүн четтөөлөр тууралуу төмөнкү болжолдоолорду колдонобуз:

1. Моделдин четтөөлөрүнүн математикалык күтүүсү бардык байкоолор үчүн нөлгө барабар: $M(\varepsilon_i)=0$.

2. Гомоскедастиктин шарты - четтөөлөрдүн дисперсиясы туруктуу жана бардык байкоолор үчүн бирдей: $D(\varepsilon_i)= D(\varepsilon_j) = \sigma^2$, $i,j=1,\ldots,n$.

3. Моделдин калдыктарынын автокорреляциясы жокко эсе: $\rho_{\varepsilon_i \varepsilon_j} = 0$, $i \neq j$.

4. Моделдин калдыктары түшүндүрүүчү өзгөрмөлөрдөн көз каранды эмес: $\rho_{\varepsilon_i x_j} = 0$.

5. Модель өзгөрмөлөрү боюнча сызыктуу болот.

6. Моделдин калдыктары ε_i нормалдуу бөлүштүрүлгөн.

(1) – (4) шарттары Гаусс – Марковдун шарттары деп аталат.

Эконометрикалык моделдердин сапатын изилдөө, б.а. Гаусс-Марковдун шарттарынын аткарылуусун текшерүү үчүн изилдөөлөр: моделдин бош мүчөсү менен регрессия коэффициенттеринин статистикалык маанилүүлүгүн текшерүү; моделдин жалпы сапатын текшерүү; калдыктардын автокорреляциясынын бар же жок экендигин текшерүү; четтөө дисперсияларынын туруктуулугун (гомоскедастикалуулугун) текшерүү.

Көп өзгөрмөлүү сызыктуу регрессиялык моделдер үчүн дагы бир шарт кошулат - түшүндүрүүчү өзгөрмөлөрдүн мультиколлинеардуулугунун жоктугу.

Бул иште жогорку сапаттагы эконометрикалык моделдерди түзүү проблемалары, атап айтканда калдыктардын автокорреляциясы, мультиколлинеардуулуктун проблемалары талкууланат.

Моделдин калдыктарынын автокорреляциясынын проблемалары. Эконометрикалык моделдердин калдыктары ε_i көп маалыматтарды камтыйт: моделдин спецификациясынын катасы, изилденүүчү өзгөрмөлөрдүн статистикалык маалыматтарынын так эместиги жана чектөөлүктөрү ж.б.у.с.

Гаусс-Марков шарттарынын бири болуп моделдин калдыктарынын өз ара көз карандысыздыгы, б. а. ε_i нин жанаша маанилеринин корреляциясынын жоктугу саналат. Эмпирикалык моделдин калдыктары e_i менен белгиленет жана алар ε_i дын баалоосу болуп саналат.

Калдыктардын автокорреляциясын аныктоо. Калдыктардын автокорреляциясын аныктоо үчүн практикада көп учурда Дарбин-Уотсон тести колдонулат. Бул тест бир катар кемчиликтерге ээ: бир гана бош мүчөсү бар моделдерге колдонулат, калдыктар $\varepsilon_t = \rho\varepsilon_{t-1} + \upsilon_t$ итерациясына баш ийүүсү зарыл, аныкталбаган зоналардын бардыгы, статистикалык маалыматтар бирдей мезгилдүүлүккө ээ болууга тийиштиги.

Калдыктардын автокорреляциясын аныктоонун дагы бир методу катарлар методу болуп саналат. Бул метод тагыраак жыйынтык берет.

Бреуш – Голдфринин методу чоңураак тандоо өлчөмү үчүн жана негизинен авторегрессивдүү моделдер үчүн колдонулат, ошондуктан бул иште каралбайт.

Калдыктардын автокорреляциясын текшерүү боюнча сунуш. Белгилүү болгондой, Дарбин-Уотсон статистикасы жанаша калдыктар ортосундагы тандоо корреляция коэффициентинин негизинде аныкталат.

Мындай суроо туулат: автокорреляцияны аныктоо үчүн чектүү тандоо жанаша калдыктар ортосундагы корреляция коэффициентинин өзү колдонулушу мүмкүнбү?

Чектүү тандоо жанаша калдыктар ортосундагы корреляция коэффициентинин формуласы төмөнкүдөй:

$$r_{i,i-1} = \frac{\sum e_i e_{i-1}}{\sqrt{\sum e_i^2 \sum e_{i-1}^2}} \qquad (5)$$

Чынында эле, $\rho_{i,i-1}$ теориялык калдыктардын автокорреляция коэффициентинин статистикалык маанилүүлүгүн анын баалоосу болгон $r_{i,i-1}$ эмпирикалык автокорреляция коэффициенти аркылуу далилдесек, анда суроого жооп бере алабыз.

Бул божомолдун теориялык бөлүгүн сунуштайбыз. Моделдин калдыктары ортосундагы корреляция коэффициентинин статистикалык маанилүүлүгү текшерилет. Бул үчүн, төмөнкү гипотезаны сынайбыз:

H_0: Калдыктар ортосунда корреляция жок, б.а. $\rho_{i,i-1} = 0$.

H_1: Калдыктар ортосунда сызыктуу байланыш бар: $\rho_{i,i-1} \neq 0$.

Маанилүүлүк деңгээли α менен белгиленет.

Белгилүү болгондой, бул гипотеза *t*-критерийи аркылуу текшерилет. Текшерүү статистикасы:

$$t = \sqrt{\frac{r_{i,i-1}^2 \cdot (n-m-1)}{(1-r_{i,i-1}^2)}}\,, \qquad (6)$$

n – тандоонун көлөмү, *m* –моделдин көз каранды эмес өзгөрмөлөрүнүн саны. Текшерүү статистикасынын мааниси менен $t_{\alpha/2;n-m-1}$ маанисин салыштырып, төмөнкү натыйжаларды алабыз:

- эгерде $t < t_{\alpha/2;n-m-1}$ болсо, *H_0* кабыл алынат, б.а. калдыктар ортосунда автокорреляция жок:
- эгерде $t > t_{\alpha/2;n-m-1}$ болсо, *H_1* кабыл алынат, б.а. калдыктар ортосунда автокорреляция бар.

Мындан тышкары, эгерде $r_{i,i-1} > 0$ болсо, оң автокорреляциянын болушу жөнүндө, ал эми $r_{i,i-1} < 0$болсо, терс автокорреляция болушу жөнүндө айтууга болот.

Жогорудагы айтылган ыкма 2000-2019-жылдардагы КР маалыматтары менен өнөр жай өндүрүшүнүн жана негизги капиталга инвестициялардын көлөмүнө жараша ИДПны моделдөөдө, орточо эмгек акынын моделин түзүүдө калдыктардын автокорреляциясын аныктоо үчүн, ошондой эле АКШдан алынган маалыматтар менен жеке колдо болгон кирешеден тамак-ашка чыгашаларды моделдөөдө ж.б.у.с. колдонулган. Бул ыкманы колдонуунун натыйжалары жана белгилүү методдор менен салыштыруунун натыйжалары 1-таблицада көрсөтүлгөн.

Таблица 1 – Ар кандай методдор менен ИДПны (КР), тамак-ашка чыгашаларды (АКШ) моделдөөдөгү автокорреляцияны тестирлөөнүн жыйынтыктарын салыштыруу

Метод	ИДП нын модели (КР)	Калдык. автокорреляциясын табуунун жыйынтыгы	Тамак-ашка чыгашаларды модели (АКШ)	Калдык. автокорреляциясын табуунун жыйынтыгы
Дарбина-Уотсондун тести	$DW = 1.88$, $d_l = 1.05$, $d_u = 1{,}53$	Автокорр. жок	$DW = 1{,}428$, $d_l = 1.18$, $d_u = 1{,}401$	Автокорр. жок
Катарлар методу	$k = 10$, $k_1 = 6$, $k_2 = 16$	Автокорр. жок	$k1 = 6$, $k2 = 16$, $k = 10$	Автокорр. жок
Жаңы сунуш боюнча	$r_{i,i-1} = 0.105$, $t = 0.44$, $t_{крит} = 2{,}11$, $\alpha = 0.05$	Автокорр. жок	$r_{i,i-1} = 0{,}25$, $t = 1{,}13$, $tкрит = 2{,}093$, $\alpha = 0{,}05$	Автокорр. жок

Мындан тышкары, Дурбин-Уотсон тестинин жана катар методунун жардамы менен калдыктардын автокорреляциясы аныкталганда, бул факт корреляция коэффициентинин тести аркылуу да аныктала тургандыгы эксперименталдык жактан далилденген. Төмөндө калдыктардын автокорреляциясы жоюлганга чейин АКШ маалыматтары менен азык-түлүк чыгаша модели үчүн тесттин натыйжалары келтирилген (2-таблица).

Таблица 2 - Азык-түлүк чыгаша модели үчүн ар кандай ыкмалар менен автокорреляцияны тестирлөөнүн натыйжаларын салыштыруу (АКШ)

Метод	Тамак-ашка чыгашаларды модели (АКШ)	Калдык. автокорреляциясын табуунун жыйынтыгы
Дарбин-Уотсондун тести	$DW = 0.778$, $d_l = 1.201$, $d_u = 1{,}411$	Оң автокорреляция бар
Катарлар методу	$k1 = 7$, $k2 = 17$, $k = 6$	Оң автокорреляция бар
Жңы сунуш боюнча	$r_{i,i-1} = 0{,}597$, $t = 3{,}33$, $tкрит = 2{,}093$, $\alpha = 0{,}05$	Оң автокорреляция бар

Эми ИДПнын (КР) моделинин калдыктарынын автокорреляциясын жоюуга чейинки ар кандай методдор менен алынган натыйжаларды карайлы (Таблица 3).

Таблица 3 – ИДПнын (КР) моделинин калдыктарынын автокорреляциясын жоюуга чейинки текшерүүдөгү натыйжаларды салыштыруу

Метод	ИДП нын модели (КР)	Калдык. автокорреляциясын табуунун жыйынтыгы
Дарбин-Уотсондун тести	DW =1. 149 d_l =1.05, d_u =1,53	Аныкталбаган ситуация
Катарлар методу	$k1$ =6, $k2$=17, k=8	Автокорр. жок
Жаңы сунуш боюнча	$r_{i,i-1}$ =0,364, t = 1,61, $tкрит$ = 2,11, α = 0,05	Автокорр. жок

Кыргыз Республикасында орточо эмгек акыны моделдөөдө калдыктардын автокорреляциясынын болушун текшерүүнүн жыйынтыктарын үч метод менен таблица 4 де келтиребиз.

Таблица 4 - Орточо эмгек акынын (АР) модели үчүн ар кандай ыкмалар менен автокорреляциялык тестирлөөнүн натыйжаларын салыштыруу

Метод	Ортоочо айлыктын модели (КР)	Калдык. автокорреляциясын табуунун жыйынтыгы
Дарбин-Уотсондун тести	DW =1. 569 d_l =1.026, d_u =1,669	Аныкталбаган ситуация
Катарлар методу	k_1 =6, k_2=16, k=7	Автокорреляция жок
Жаңы сунуш боюнча	$r_{i,i-1}$ =0,206, t = 1,61, $tкрит$ = 2,12, α = 0,05	Автокорреляция жок

Көрүнүп тургандай, Дурбин-Уотсон тести боюнча калдыктардын автокорреляциясын аныктоо боюнча катарлар ыкмасы жана бул эмгекте сунушталган метод тесттин натыйжалары бирдей, ал эми Дарбин-Уотсон боюнча белгисиздик кырдаалды алып жатабыз.

Бул дал келбестиктин себептеринин бири Дарбин-Уотсон тести боюнча кабыл алуу аймактарынын чектерин аныктоо үчүн жана нөлдүк гипотезаны четке кагуу үчүн кабыл алынган божомолдор, белгисиздик зоналарынын болушу мүмкүн.

Жүргүзүлгөн изилдөөлөр көрсөткөндөй, калдыктардын автокорреляция коэффициентин колдонуу менен регрессиялык моделдердин калдыктарынын автокорреляциясын аныктоо үчүн бул иштеги жаңы сунушталган метод практикада колдонулушу мүмкүн.

Модель калдыктарынын автокорреляциясын жоюу. Модель калдыктарынын автокорреляциясын жок кылуу үчүн адегенде моделдин спецификациясын текшериңиз же үлгү өлчөмүн чоңойтууу керек. Эгерде мындай жөнөкөй ыкмалар автокорреляцияны жок кылбаса, анда $AR(1)$ биринчи даражадагы авторегрессия схемасы колдонулат.

Мисалы, жупташкан сызыктуу регрессия моделин алалы:

$$y_t = b_0 + b_1 x_t + e_t \,. \qquad (7)$$

Бул теңдемени жана ушул эле теңдеменин *t – 1* үчүн жазылганынын ρ го көбөйткөнүн колдонуп, төмөнкүнү алса болот:

$$y_t - \rho \cdot y_{t-1} = b_0 \cdot (1-\rho) + b_1 \cdot (x_t - \rho \cdot x_{t-1}) + (e_t - \rho \cdot e_{t-1}). \qquad (8)$$

Төмөнкү белгилөөлөрдү киргизүү менен

$$y_t^* = y_t - \rho \cdot y_{t-1},\ b_0^* = b_0 \cdot (1-\rho),\ x_t^* = x_t - \rho \cdot x_{t-1},\ \nu_t = e_t - \rho \cdot e_{t-1},$$

алабыз $y_t^* = b_0^* + b_1 x_t^* + \nu_t$, мында ρ - жанаша калдыктардын ортосундагы корреляция коэффициенти. Андан кийин $b_0 = \dfrac{b_0^*}{1-\rho}$ табабыз жана анын маанисин (7) го коюп, жаңы моделге ээ болобуз. Бирок бул учурда ρ нун мааниси белгисиз, аны аныктоо методдорун төмөндө карайбыз.

***AR(1)* авторегрессивдүү схемасы үчүн калдыктардын ортосундагы корреляция коэффициентин табуу боюнча сунуш.** Кадыктардын автокорреляциясы бар учурунда *AR(1)* авторегрессивдүү схемасын колдонууну карайлы. Бул ишти аткаруу үчүн калдыктардын корреляция коэффициенти ρ нун мааниси белгилүү болуу керек ((8) карагыла).

ρ нун маанисин табуу үчүн бир нече методдор бар: Хилдрет – Лунун методу, Кохран – Оркаттын методу жана биринчи айырмалардын методу.

Хилдрет – Лунун методу боюнча (8) теңдемесин баалоо [-1; 1] интервалынан алынган жана 0,01 же 0,001 кадамы менен өзгөргөн ρ нун ар бир мааниси үчүн жүргүзүлөт. Регрессиянын минималдуу стандарттык катасына туура келген ρ нун мааниси анын акыркы мааниси болуп саналат.

Кохран – Оркатт ρ нун маанисин төмөнкү биринчи даражадагы авторегрессиялык схема аркылуу табууну сунуштайт:

$$\varepsilon_t = \rho \varepsilon_{t-1} + \upsilon_t.$$

Бул регрессияны түзүүдө табылган ρ нун мааниси (8) теңдемесине коюлат, андан соң $b_0 = \dfrac{b_0^*}{1-\rho}$ аныкталат да, (7) регрессиялык теңдемесин алабыз.

Кайрадан акыркы моделдин калдыктары эсептелет, процесс кайра кайталанат. Бул процесс ρ нун мааниси боюнча жыйнактуулукка жетишкенде токтойт.

Биринчи айырмалардын методу $\rho = \pm 1$ деп саноо менен өтө күчтүү божомолдоону киргизет, ошондуктан бул методду карабайбыз.

Автордун изилдөөсү ИДП (ички дүң продукты) ны өнөр жай өндүрүшүнүн жана негизги капиталга инвестициялардын көлөмдөрүнө жараша моделдөө мисалында көрсөткөндөй, ρ мааниси Хилдрет – Лу (ρ = 0,42) жана Кохран – Оркатт (0,41) методу менен табылганы дээрлик дал келет (табл 5).

Таблица 5 – Автокорреляцияны жоюуда ρ нун маанисин аныктоо

Критерий	ρ	Регрессиянын станд. катасы	Дарбина – Уотсондун (DW) статистикасы	Калдыктардын автокорреляциясынын бар же жок экендиги
Хилдрету-Лу боюнча	0,42	$9{,}1158\cdot10^9$	1,7827	Калдыктардын автокорреляциясы жок
Кохрану – Оркатт боюнча	0,41	$9{,}1161\cdot10^9$	1,7725	Калдыктардын автокорреляциясы жок

Дарбин – Уотсондун тести боюнча ρ =0,42 болгондо да, ρ =0,41 болгондо да автокорреляция жок болду, анткени Дарбин – Уотсондун таблицасынан алабыз: d_l = 1,1, d_u = 1,537, 4 - d_l = 2,9, 4 - d_u = 2,463, маанилүүлүк деңгээли α=0,05.

Аймактардын бөлүнүшүндө: (0; 1.1) - оң автокорреляция болгон интервал, (2.9; 4) - терс автокорреляция болгон интервал, (1.537; 2.463) автокорреляциянын жок болгон интервал, (1,1; 1,537) жана (2,463; 2,9) - белгисиздик интервалдары. Бул учурда, эң кичине регрессиялык стандарттык катага туура келген ρ нун маанисин тандоо керек: ρ = 0,42.

Практикада модель калдыктарынын автокорреляциясы авторегрессивдүү *AR(1)* трансформациясын колдонгондон кийин дайыма эле жок боло бербейт. Мисал катары, 1959-1980-жылдар үчүн АКШнын маалыматтарын колдонуу менен жеке колдо болгон кирешенин (*X*) функциясы катары тамак-ашка чыгашаларды (*Y*) моделдөөнү карап көрөлү. Жыйынтык 6 – таблицада берилген.

Таблица 6 – *AR(1)* схемасын колдонгондон кийинки текшерүүнүн жыйынтыгы

Критерий	ρ	Регрессиянын станд катасы	Дарбина – Уотсондун (*DW*) статистикасы	Калдыктардын автокорреляция-сынын бары/жогу
Хилдрету-Лу боюнча	0,62	2,412	1,385	Аныкталбаган ситуация
Кохрану – Оркатт боюнча	0,62	2,412	1,385	Аныкталбаган ситуация

Ушуга байланыштуу төмөнкүдөй суроо туулат: ρ маанисин Хилдрет-Лу методу же Кохран-Оркатт методу боюнча регрессиянын минималдуу стандарттык катасы же ρ чоңдуктарынын жыйнактуулугу менен гана эмес, дагы моделдин сапатына болгон талаптардын

аткарылуу шартында калдыктардын автокорреляциясынын болбоосунда тандасачы?

Албетте, ρ ну тандоодо көрсөтүлгөн шартты кошкондо, регрессиянын стандарттык катасы бир аз чоңоюшу мүмкүн. Эгерде ошол эле учурда регрессиялык коэффициенттер статистикалык маанилүүлүгүн сактап калса жана моделдин сапаты начарлабаса, анда бул ыкма туура деп жыйынтык чыгарууга болот.

Ушундай жол менен ой жүгүртүп, АКШнын жеке колдо болгон кирешесинен тамак-ашка чыгашаларды моделдөөнүн мисалын колдонуу менен, төмөнкү натыйжалар алынды (бул учурда, d_l = 1,221, d_u = 1,42):

Таблица 7 – Ар кандай методдор менен аныкталган ρ маанисинин натыйжаларын салыштыруу

Критерий	ρ	Регрессиянын Стандю катасы	Дарбина – Уотсонадун статистикасы (DW)	Калдыктардын автокорреляция-сынын бары/жогу
Хилдрет-Лу боюнча	0,62	2,412	1,385	Аныкталбаган ситуация
Кохран–Оркатт боюнча	0,62	2,412	1,385	Аныкталбаган ситуация
Жаңы сунуш боюнча	0,67	2,416	1,428	Автокорреляция жок

Ошол эле учурда, моделдин сапаты начарлаган жок, анткени бош мүчө жана регрессия коэффициенти статистикалык маанилүүлүккө ээ: α = 0,05 маанилүүлүк деңгээлинде t_{b_0} = 7.64, t_{b_1} = 9.92 жана $t_{крит}$ = 2.093. Ошондой эле, моделдин жалпы сапаты жакшы бойдон калууда: статистика F = 98.35, $F_{крит}$ = 4.38. Моделдин стандарттык катасы бир азга гана көбөйгөн.

Берилген ыкманын идеясы заманбап эконометрикалык методологиясына туура келет.

Көп факторлуу моделди куруудагы мультиколлинеардык проблемалар. Көп өзгөрмөлүү регрессияны куруудагы проблемалардын бири моделдин түшүндүрүүчү өзгөрмөлөрүнүн ортосунда сызыктуу байланыштын болушу, б.а. мультиколлинеардуулук. Көп өзгөрмөлүү регрессиялык моделдин бардык түшүндүрүүчү (көз карандысыз) өзгөрмөлөрү бири-биринен көз карандысыз болушу керек. Мультиколлинеардуулуктун кесепеттери:

1. Чоң дисперсиялар, демек, алынган баалардын чоң стандарттык каталары.
2. t - регрессия коэффициенттеринин статистикасынын азайып кетүүсү, анын натыйжасында тиешелүү түшүндүрмө өзгөрмөнүн көз каранды чоңдукка тийгизген таасири жөнүндө туура эмес тыянак чыгаруу.
3. Алынган баалардын туруксуздугу.

4. Ар бир көз карандысыз өзгөрмөнүн көз каранды өзгөрмөнүн абалына тийгизген салымын аныктоодогу кыйынчылыктар.
5. Регрессия коэффициентинин туура эмес белгисин алуу да мүмкүн.

Мультиколлинеардуулуктун бар экендигинин белгилери:

1. Регрессия коэффициенттеринин кээ бирлери статистикалык маанилүүлүккө ээ эмес, б.а. R^2 детерминация коэффиценти кыйла жогору болсо да, алар төмөн t -статистикага ээ.
2. Түшүндүрмө өзгөрмөлөрдүн ортосундагы айрым корреляция коэффициенттери кыйла жогору.
3. Мааниси аз түшүндүрүүчү өзгөрмөлөрдүн ортосундагы жуп корреляция коэффициенттери кыйла жогору.

Жуптуу корреляция коэффициенти эки өзгөрмөнүн ортосундагы сызыктуу байланыштын күчүн аларга башка өзгөрмөлөрдүн таасирин эсепке албастан аныктайт. Эки өзгөрмөнүн ортосундагы байланышты өлчөөдө башка өзгөрмөлөрдүн таасиринен тазаланган корреляция коэффициенти айрым корреляция коэффициенти деп аталат.

Айрым корреляция коэффициенттерин m көз карандысыз өзгөрмөлөр үчүн карап көрөлү. Жупташтырылган корреляция коэффициенттеринен турган корреляциялык матрица жана анын тескери матрицасы төмөнкү түргө ээ:

$$R=\begin{bmatrix} 1 & r_{x_1x_2} & r_{x_1x_3} & \dots & r_{x_1x_m} \\ r_{x_2x_1} & 1 & r_{x_2x_3} & \dots & r_{x_2x_m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \\ r_{x_mx_1} & r_{x_mx_2} & r_{x_mx_3} & \dots & 1 \end{bmatrix}, \qquad C^*=R^{-1}\cdot\begin{bmatrix} c^*_{11} & c^*_{12} & c^*_{13} & \dots & c^*_{1m} \\ c^*_{21} & c^*_{22} & c^*_{23} & \dots & c^*_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \\ c^*_{m1} & c^*_{m2} & c^*_{m3} & \dots & c^*_{mm} \end{bmatrix}.$$

Анда калган m-2 өзгөрмөлөрдүн таасиринен тазаланган x_i жана x_j ортосундагы айрым корреляция коэффициенти төмонкүдөй аныкталат:

$$r_{x_ix_j.x_1x_2\dots x_{i-1}x_{i+1}\dots x_{j-1}x_{j+1}\dots x_m}=\frac{-c^*_{ij}}{\sqrt{c^*_{ii}c^*_{jj}}}. \tag{9}$$

Эгерде изилдөөнүн максаты көз каранды өзгөрмөнүн маанилерин болжолдоо болсо, жана көптүк корреляция коэффициенти жетишээрлик жогору болсо ($R^2 \geq 0{,}9$), мультиколлинеардуулукту жоюу талап кылынбайт. Бул учурда мультиколлинеардуулуктун болушу ишенимдүү божомолдорду алууга тоскоолдук кылбайт.

Эгерде изилдөөнүн максаты ар бир көз карандысыз өзгөрмөнүн көз каранды чоңдукка тийгизген таасиринин даражасын аныктоо болсо, мультиколлинеардуулук проблема болуп саналат, анткени ал стандарттык каталардын көбөйүшүнө жана өзгөрмөлөрдүн ортосундагы реалдуу байланыштарды бурмалоого алып келиши мүмкүн.

Мультиколлинеардуулукту жоюунун жолдору: корреляцияланган өзгөрмөлөрдү моделге кийирбөө, үлгүнү тактоо, моделдин спецификациясын тактоо, өзгөрмөлөрдүн жыйындысын тактоо.

Мультиколлинеардуулуктун шартында көп өзгөрмөлүү регрессия моделдерин куруу боюнча сунуштар. Көп өзгөрмөлүү сызыктуу регрессиялык моделдерди курууда, ар кандай этаптарда көйгөйлүү кырдаалдар келип чыгышы мүмкүн, аларды чечүү жогорку сапаттагы эконометрикалык моделдерге талаптар жагынан да, каралып жаткан өзгөрмөлөрдүн экономикалык мааниси жагынан да өтө кылдаттыкты талап кылат. Төмөндө бул проблемалар боюнча сунуштарды келтиребиз:

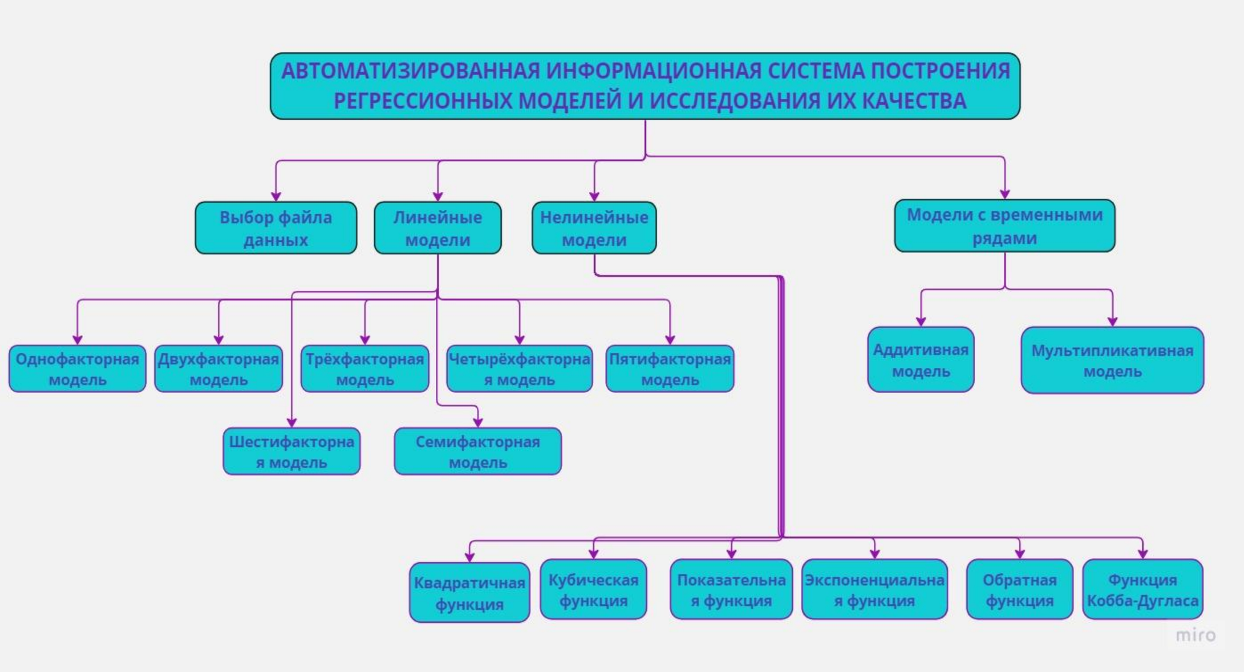
- Көп факторду моделдин көз карандысыз өзгөрмөлөрүн тандоодо, жуптук жана айрым корреляция коэффициенттеринин белгилери дал келбеген учурда айрым корреляция коэффициенттерине же каралып жаткан өзгөрмөлөрдүн экономикалык маанисине кароо керек.
- Көптөгөн регрессиялык моделдөөдө мультиколлинеардуулуктун шартында өзгөрмөлөрдү тандоо көз карандысыз өзгөрмөлөрдүн ортосундагы корреляция аркылуу гана эмес, ошондой эле өзгөрмөлөрдүн экономикалык мааниси боюнча да жүргүзүлүшү керек.
- Эгерде көп регрессиялык моделдөөдө мультиколлинеардуулук болсо, ар бир көз карандысыз өзгөрмөнүн көз каранды өзгөрмөгө тийгизген таасирин аныктоо үчүн ар бир түшүндүрүүчү өзгөрмөдөн көзкаранды жуптук регрессиялык моделдер түзүлүшү керек.

Бул проблемаларды тактоо үчүн Кыргыз Республикасынын ИДПсынын моделин, Кыргыз Республикасынын иш жүзүндөгү акыркы керектөөсүнүн моделин, Кыргыз Республикасынын орточо эмгек акысынын моделин ж.б.у.с. сызыктуу көп өзгөрмөлүү регрессиялык моделдери катары түзүү каралган. Бул моделдөөдө мультиколлинерадуулук шартында моделдердин регрессорлорун тандоо, ар бир көз каранды эмес өзгөрмөнүн көз каранды өзгөрмөгө тийгизген таасирин аныктоо үчүн сапаттуу моделдерди алуу жана болжолдоо үчүн моделди куруу проблемалары чечилген.

Төртүнчү бөлүмдө регрессиялык моделдерди түзүү үчүн автоматташтырылган системада колдонулган математикалык методдор сүрөттөлөт: эң аз квадраттар ыкмасы, салмактуу эң аз квадраттар ыкмасы; регрессиялык коэффициенттеринин статистикалык маанилүүлүгүн, моделдин жалпы сапатын изилдөө методдору; моделдин көз карандысыз өзгөрмөлөрүнүн мультиколлинеардуулугун аныктоо жана жоюу ыкмалары; калдыктардын автокорреляциясын жана гетероскедастикти аныктоо жана жоюу ыкмалары, моделдин болжолдоочу сапаттарын аныктоо; сезондук термелүүлөр менен убакыт катарларын колдонуу менен моделдөө методдору.

Ошондой эле бул главада регрессиялык моделдерди куруунун жана алардын сапатын изилдөөнүн автоматташтырылган маалыматтык системасынын жалпы мүнөздөмөсү келтирилген.

Регрессиялык моделдерди куруунун автоматташтырылган системасынын жалпы схемасы төмөнкүдөй (1-сүрөт):



1 - сүрөт - «Регрессиялык моделдерди куруу жана алардын сапатын изилдөө» АМСынын жалпы схемасы

КОРУТУНДУ

Диссертациялык иште моделдин калдыктарынын автокорреляциясы, көп факторлуу моделдердеги мультиколлинеардуулук маселелери сыяктуу эконометрикалык моделдерди куруу маселеси боюнча изилдөөлөр жүргүзүлгөн. Төмөнкү корутундулар чыгарылат:

1. Модель калдыктарынын автокорреляциясын текшерүү үчүн белгилүү тесттер менен катар $r_{i,i-1}$ калдыктар ортосундагы корреляция коэффициентин колдонуучу тестти колдонуу сунушталат.

2. Калдыктардын автокорреляциясын жоюу үчүн биринчи тартиптеги авторегрессиядагы $\varepsilon_t = \rho \cdot \varepsilon_{t-1} + \upsilon_t$ ρ ны аныктоо үчүн колдонууда регрессиянын эң аз стандарттуу катасына же итерация учурунда ρ нын жыйнактуулугуна гана эмес, ошондой эле автокорреляциянын жоктугуна жана башка сапаттулуктун критерийлерине да таянуу керек.

3. Ар кандай этаптарда көп өзгөрмөлүү сызыктуу регрессиянын моделдерин курууда кээ бир көйгөйлүү кырдаалдар пайда болот, аларды чечүүнүн төмөнкү жолдору сунушталат:

3.1. Көп фактордук моделдин көз карандысыз өзгөрмөлөрүн тандоодо, жуптук жана айрым корреляция коэффициенттеринин белгилери дал келбеген учурда айрым корреляция коэффициенттерине же каралып жаткан өзгөрмөлөрдүн экономикалык маанисине кароо керек;

3.2. Көптөгөн регрессиялык моделдөөдө мультиколлинеардуулуктун шартында өзгөрмөлөрдү тандоо көз карандысыз өзгөрмөлөрдүн ортосундагы корреляция аркылуу гана эмес, ошондой эле өзгөрмөлөрдүн экономикалык мааниси боюнча да жүргүзүлүшү керек;

3.3. Эгерде көп регрессиялык моделдөөдө мультиколлинеардуулук болсо, ар бир көз карандысыз өзгөрмөнүн көз каранды өзгөрмөгө тийгизген таасирин аныктоо үчүн ар бир түшүндүрүүчү өзгөрмөдөн көзкаранды жуптук регрессиялык моделдер түзүлүшү керек.

4. Регрессиялык моделдерди куруунун жана сапатын изилдөөнүн автоматташтырылган маалымат системасы иштелип чыкты.

ДИССЕРТАЦИЯНЫН ТЕМАСЫ БОЮНЧА ЖАРЫЯЛАНГАН ЭМГЕКТЕРДИН ТИЗМЕСИ

1. Давлятова, Б.Д. Автоматизированная система построения регрессионных моделей [программы для ЭВМ] / Б.Д. Давлятова. - Свидетельство № 410 в государственном реестре программ для ЭВМ КР, Б., Кыргызпатент, 14.07.2016.

2. Давлятова, Б.Д. Исследование экономического роста Кыргызстана с помощью эконометрического моделирования [Текст] / Б.Д. Давлятова. - Б.: Известия КГТУ им. И.Раззакова. Вып. 1(49), 2019. - С. 55-59.

3. Давлятова, Б.Д. Проблемы мультиколлинеарности и гетероскедастичности в модели конечного потребления на примере Кыргызской Республики [Текст] / Б.Д. Давлятова. - М.: Вестник науки и образования, №10(64). Часть 2. 2019. – С. 65-70.

4. Давлятова, Б.Д. Моделирование с помощью временных рядов на примере Кыргызской Республики [Текст] / Б.Д. Давлятова. - М.: Вестник науки и образования. №14(68). Часть 2. 2019. - С. 27-32.

5. Давлятова Б.Д. Моделирование структурных диспропорций экономики Кыргызской Республики [Текст] / Б.Д. Давлятова , Бийбосунов Б.И., Чорое К.Ч. и др. –М.: Фундаментальные исследования. №7. 2019. – С.21-26.

6. Давлятова, Б.Д. Моделирование средней величины заработной платы по данным Кыргызской Республики [Текст] / Б.Д. Давлятова. - М.: Проблемы современной науки и образования. №10(143). 2019. – С. 39-45.

7. Давлятова, Б.Д. Применение информационных технологий для решения региональных экономических задач [Текст] / Б.Д. Давлятова, Н.О. Асанбекова, У.Т. Керимов. – Б.: Известия вузов Кыргызстана, №5, 2016. - С.135- 138.

8. Давлятова, Б.Д. Балансовые модели женской занятости с учетом эмиграции из Кыргызстана [Текст] / Б.Д. Давлятова, С.К. Бийбосунова, У.Т. Керимов. М.: Actualscience, Том 2, №5, 2016. - С.74-78.

9. Давлятова, Б.Д. Информационная система и математические модели для региональных экономик [Текст] / Б.Д. Давлятова, С.К. Бийбосунова, Н.О. Асанбекова. – Б.: Современные проблемы механики, №26(4), 2016. –С.75-82.

10. Давлятова, Б.Д. Экономико – математическое моделирование системы оплаты труда в сфере государственной службы. [Текст]/ Б.И.

Бийбосунов, Б.Д. Давлятова. – Б.: Известия вузов Кыргызстана, №5, 2017. - С.64-68.

11. Давлятова, Б.Д. Математическая модель оптимального распределения инвестиционного вложения между отраслями [Текст] / Б.Д. Давлятова, Б.Р. Сабитов, А. Сейтбеков и др. – М.: Фундаментальные исследования, №9, 2017. - С. 53-57.

12. Давлятова, Б.Д. Построение сетевой информационной системы автоматизации АКП [Текст] / Б.Д. Давлятова, Б.Р. Сабитов. – М.: Экономика и предпринимательство, №8, 2017. –С. 72-80.

13. Давлятова, Б.Д. Моделирование ВВП в зависимости от инвестиций в основной капитал на примере Кыргызской Республики [Текст] / Б.Д. Давлятова. М.: Вестник науки и образования, №12(90), 2020. – С.33-37.

14. Давлятова, Б.Д. Одна из моделей уровня безработицы на примере Кыргызской Республики [Текст] / Б.Д. Давлятова, Ж.Б.Саматова. М.: - Вестник науки и образования, №13 (91), 2020.- С.40-44.

15. Давлятова, Б.Д. Исследование ВВП во времени на примере данных Кыргызской Республики [Текст] / Б.Д. Давлятова. М.: - Научный журнал № 6 (61), М., 2021. –С.20-23.

16. Давлятова , Б.Д. Об автокорреляции остатков регрессионных моделей [Текст] / Б.Д. Давлятова, Т. Курманбек уулу. - Б.: Вестник КГУ им. И.Арабаева №2 , 2023. – С.471 – 475.

17. Давлятова, Б.Д. Моделирование и прогнозирование ВВП Кыргызской Республики с помощью временного ряда за 2000 – 2020гг [Текст] / Б.Д. Давлятова, Т. Курманбек уулу. –Б.: Современные проблемы механики, №50, (4), 2022. – С.19-26.

05.13.16 – «Илимий изилдөөлөрдө эсептөө техникаларын, математикалык моделдөөнү жана математикалык методдорду колдонуу» адистиги боюнча техника илимдеринин кандидаты илимий даражасы үчүн Давлятова Бузира Давлятовнанын «Регрессиялык моделдердин калдыктарынын автокорреляциясынын жана мультиколлинеардуулугунун проблемалары жөнүндө» деген темадагы диссертациялык изилдөөлөрүнүн

РЕЗЮМЕСИ

Негизги сөздөр: регрессия, эң аз (салмактуу квадраттар, регрессия коэффициенти, корреляция коэффициенти, автокорреляция, гетероскедастика, гомоскедастика, мультиколлинеардуулук.

Изилдөөнүн объектиси: эконометрикалык регрессиялык моделдөө жана регрессиялык моделдердин сапаты.

Изилдөөнүн предмети - регрессия моделдерин куруунун жана сапатын изилдөө методдору, регрессиялык моделдерди түзүүнүн автоматташтырылган системасын иштеп чыгуу.

Изилдөө методдору. Эконометрикалык моделдөө, регрессиялык моделдерди түзүү жана алардын сапатын изилдөө ыкмалары, маалыматтык технологиялар, программалоо.

Диссертациялык иштин максаты - регрессиялык моделдердин сапатын изилдөө методдорун өркүндөтүү, көп факторлуу сызыктуу регрессиялык моделдерди түзүүнүн кээ бир проблемаларын чечүү, регрессия моделдерин куруунун жана алардын сапатын текшерүүчү автоматташтырылган системасын иштеп чыгуу.

Алынган жыйынтыктар жана алардын илимий жаңылыктары. Калдык автокорреляция коэффициентин ($r_{i,i-1}$) колдонуу менен регрессиялык моделдердин калдыктарынын автокорреляциясын аныктоо үчүн жаңы тест иштелип чыкты. Калдыктардын автокорреляциясын жок кылууда биринчи даражадагы авторегрессияда колдонулуучу ρ нын маанисин аныктоо үчүн жаңы ыкма сунушталат. Көптүк регрессиялык моделдердеги түшүндүрүүчү өзгөрмөлөрдүн мультиколлинеардуулугу менен байланышкан маселелерди чечүүдө моделдин көз карандысыз өзгөрмөлөрүн тандоо, ар бир регрессордун изилденип жаткан өзгөрмөгө таасирин аныктоо үчүн моделдөө боюнча тыянактар чыгарылган. Регрессиялык моделдерди куруунун автоматташтырылган системасы иштелип чыккан.

Практикалык мааниси. Эконометрикалык моделдердин сапатын изилдөөдө алынган натыйжалар моделдердин сапатын жогорулатууга көмөктөшөт, адекваттуу моделдерди алуу мүмкүнчүлүктөрүн кеңейтет. Регрессиялык моделдерди куруунун автоматташтырылган системасы моделдерди иштеп чыгууну камсыз кылат.

Колдонуу чөйрөсү. Изилдөөнүн натыйжаларын прикладдык экономикалык проблемаларды изилдөөдө кеңири колдонууга болот.

РЕЗЮМЕ

диссертации Давлятовой Бузиры Давлятовны на тему: «Проблемы автокорреляции остатков и мультиколлинеарности в регрессионных моделях» на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности: 05.13.16 – «Применение вычислительной техники, математического моделирования и математических методов в научных исследованиях»

Ключевые слова: регрессия, метод наименьших квадратов, метод взвешенных наименьших квадратов, коэффициент регрессии, коэффициент корреляции, автокорреляция, гетероскедастичность, гомоскедастичность, мультиколлинеарность.

Объект исследования: эконометрическое регрессионное моделирование и качество регрессионных моделей.

Предметом исследования являются методы построения и исследования качества регрессионных моделей, разработка автоматизированной системы построения регрессионных моделей.

Методы исследования. Эконометрическое моделирование, методы построения регрессионных моделей и исследования их качества, информационные технологии, программирование.

Целью диссертационной работы является усовершенствование методов исследования качества регрессионных моделей, решение проблем построения многофакторных линейных регрессионных моделей, разработка автоматизированной системы построения регрессионных моделей.

Полученные результаты и их научная новизна. Разработан новый тест для обнаружения автокорреляции остатков регрессионных моделей с применением коэффициента автокорреляции остатков $r_{i,i-1}$. Предложен новый подход для определения ρ в авторегрессии первого порядка $\varepsilon_t = \rho \cdot \varepsilon_{t-1} + \upsilon_t$, применяемого при устранении автокорреляции остатков. При решении проблем, связанных с мультиколлинеарностью объясняющих переменных во множественных регрессионных моделях, получены выводы по отбору независимых переменных модели, моделированию для определения влияния каждого регрессора на исследуемую переменную. Разработана автоматизированная система построения регрессионных моделей с полным исследованием качества моделей.

Практическая значимость. Полученные результаты, применяемые при исследовании качества эконометрических моделей, способствуют улучшению качества моделей, расширяют возможности получения адекватных моделей. Разработанная автоматизированная система построения регрессионных моделей позволяет построение и исследование качества регрессионных моделей.

Область применения. Результаты исследования могут иметь широкое применение в прикладных экономических задачах.

RESUME

of the dissertation of Davliatova Buzira Davliatovna on the topic "Problems of autocorrelation of residuals and multicollinearity in regression models" for the degree of candidate of technical sciences in the specialty: 05.13.16 - the use of computer technology, mathematical modeling and mathematical methods in scientific research

Key words: regression, least squares method, weighted least squares method, regression coefficient, correlation coefficient, autocorrelation, heteroscedasticity, homoscedasticity, multicollinearity, automated system.

Object of study: econometric regression modeling and the quality of regression models.

The subject of the research is the methods of building and studying the quality of regression models, the development of an automated system for building regression models.

Research methods. Econometric modeling, methods for constructing regression models and studying their quality, information technology, programming.

The purpose of the dissertation work is to improve the methods for studying the quality of regression models, building multifactorial linear regression models, developing an automated system for building regression models and checking their quality.

The results obtained and their scientific novelty. A new test has been developed to detect autocorrelation of residuals of regression models using the residual autocorrelation coefficient. A new approach is proposed for determining ρ in first-order autoregression, used when eliminating autocorrelation of residuals. When solving problems associated with multicollinearity of explanatory variables in multiple regression models, conclusions were drawn on the selection of independent variables of the model, modeling to determine the influence of each regressor on the variable under study. An automated system for constructing regression models with a complete study of the quality of the models has been developed.

Practical significance. The results obtained, used in the study of the quality of econometric models, contribute to the improvement of the quality of models, expand the possibilities of obtaining adequate models.

The developed automated system for building regression models allows the construction and study of the quality of linear single-factor, multi-factor, nonlinear regression models, as well as models using time series with seasonal fluctuations.

Application area. The results of the study can be widely used in applied economic problems.