

A.ISHNAZAROV, SH.NURULLAYEVA

EKONOMETRIKAGA KIRISH

90^{yil}
TDIU



TOSHKENT

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLY VA O‘RTA MAXSUS TA‘LIM VAZIRLIGI
TOSHKENT DAVLAT IQTISODIYOT UNIVERSITETI**

A.Ishnazarov, Sh.Nurullayeva

EKONOMETRIKAGA KIRISH

**O‘zbekiston Respublikasi Oliy va o‘rta maxsus ta‘lim vazirligi
tomonidan o‘quv qo‘llanma sifatida tavsiya etilgan**

Toshkent – 2021

UO'K: 330.43 (07.58)

KBK 65.012.2ya7

I 56

I 56

A.Ishnazarov, Sh.Nurullayeva. Ekonometrikaga kirish.
O'quv qo'llanma. – T.: «Innovatsion rivojlanish nashriyot-
matbaa uyi», 2021 – 264 b.

ISBN 978-9943-7420-9-3

O'quv qo'llanma "Ekonometrikaga kirish" fani o'quv dasturiga muvofiq yozilgan. Unda ekonometrik modellashtirish asoslari, ekonometrik modellarning axborot ta'minoti, juft va ko'p omilli ekonometrik tahlil, ekonometrik modellarni baholash, vaqtli qatorlar, tenglamalar tizimi ko'rinishidagi ekonometrik model, amaliy ekonometrik modellar, iqtisodiy ko'rsatkichlarni prognozlashda ekonometrik modellardan foydalanish mazmun-mohiyati yoritib berilgan.

Учебное пособие написано в соответствии с учебной программой предмета «Введение в эконометрику». В нем описываются основы эконометрического моделирования, информационная поддержка эконометрических моделей, двух- и многофакторный эконометрический анализ, оценка эконометрических моделей, временные ряды, эконометрические модели в виде системы уравнений, прикладные эконометрические модели, использование эконометрических моделей для прогнозирования экономических показателей.

The teaching aid is written in accordance with the curriculum of the subject "Introduction to Econometrics." It describes the fundamentals of econometric modeling, information support of econometric models, double and multifactorial econometric analysis, the estimation of econometric models, time series, econometric models in the form of a system of equations, applied econometric models, utilization of econometric models for the purpose of forecasting economic indicators.

UO'K: 330.43 (07.58)

KBK 65.012.2ya7

Taqrizchilar: **O'.T.Xayitmatov** - t.f.n., O'zbekiston Respublikasi Statistika qo'mitasi huzuridagi Kadrlar malakasini oshirish va statistik tadqiqotlar instituti "AKT va raqamli iqtisodiyot" kafedrasida dotsenti;
A.A.Almuradov - i.f.n., Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti "Iqtisodiyotda matematik metodlar" kafedrasida dotsenti.

ISBN 978-9943-7420-9-3

© «Innovatsion rivojlanish nashriyot-matbaa uyi», 2021.

MUNDARIJA

KIRISH	10
1-BOB. EKONOMETRIK MODELLASHTIRISH ASOSLARI	13
1.1. Ekonometrikaga kirish. Fanning maqsadi va vazifalari	13
1.2. Iqtisodiyotni ekonometrik modellashtirishning zarurligi	19
1.3. Ekonometrik model tushunchasi, turlari va undagi o'zgaruvchilar	22
1.4. Ekonometrik modellashtirish bosqichlari	26
2-BOB. EKONOMETRIK MODELLARNING AXBOROT TA'MINOTI	28
2.1. Iqtisodiy ma'lumotlarning statistik tabiati	28
2.2. Bog'liq va bog'liq bo'lmagan o'zgaruvchilarni tanlash	30
2.3. Ekonometrik modellarni tuzishda qatnashadigan iqtisodiy ma'lumotlarga qo'yiladigan talablar	31
3-BOB. EKONOMETRIKADA EHTIMOLLAR NAZARIYASI VA MATEMATIK STATISTIKANING ASOSIY TUSHUNCHALARI	36
3.1. Ehtimollar nazariyasi va matematik statistikaning asosiy tushunchalari	36
3.2. To'plamlar va ularning xossalari	38
3.3. Diskret va uzluksiz tasodifiy miqdorlar	40
3.4. Tasodifiy miqdorlarning xarakteristikalarini hisoblash	43
4-BOB. JUFT KORRELYATSION-REGRESSION TAHLIL	49
4.1. Iqtisodiy-ijtimoiy jarayonlarda bog'likliklar turlarini o'rganish	49
4.2. Korrelyatsiya koeffitsientining turlari va hisoblash usullari	52
4.3. Chiziqli va chiziqsiz regression bog'lanishlar	54
4.4. Korrelyatsion-regression tahlilda eng kichik kvadratlar usulining qo'llanilishi	58
5-BOB. CHIZIQSIZ REGRESSIYA	61
5.1. Chiziqsiz regressiya modellari	61
5.2. Chiziqli bo'lmagan bog'liqliklar uchun korrelyatsiya	63
6-BOB. KO'P OMILLI EKONOMETRIK TAHLIL	66
6.1. Ko'p omilli ekonometrik modellarni tuzish uslubiyoti	66
6.2. Chiziqli va chiziqsiz ko'p omilli regression bog'lanishlar	68
6.3. Ko'p omilli regressiya tenglamasi parametrlarini baholashda eng kichik kvadratlar usuli	73
6.4. Ekonometrik model parametrlarining iqtisodiy tahlili va elastiklik koeffitsientlarini hisoblash	76
7-BOB. REGRESSIYANING XUSUSIY TENGLAMASI	80
7.1. Regressiyaning xususiy tenglamasining yozilishi va elastiklikning xususiy koeffitsientini aniqlash	80
7.2. Ko'p omilli korrelyatsiya	83
7.3. Xususiy korrelyatsiya	85
8-BOB. EKONOMETRIK MODELLARNI BAHOLASH	95
8.1. Ekonometrik modellarning iqtisodiy tahlilida verifikatsiya bosqichining ahamiyati	95
8.2. Ekonometrik modellar sifati va ahamiyatini mezonlar bo'yicha baholash	96
8.3. Regressiya tenglamaning parametrlarni baholarining xususiyatlari	103
9-BOB. VAQTLI QATORLAR	108
9.1. Vaqtli qatorlar to'g'risida umumiy tushunchalar	108
9.2. Multiplikativ va additiv modellarning tarkibiy tuzilishi	110
9.3. Vaqtli qatorlarni tekislash usullari	117
10-BOB. TENGLAMALAR TIZIMI KO'RINISHIDAGI EKONOMETRIK MODEL	124
10.1. Bir-biriga bog'liq tenglamalar tizimini tushunchalari va turlari	124

10.2. Ekonometrik tenglamalar tizimi parametrlarini hisoblash uslubiyoti	127
10.3. Ekonometrik tenglamalar tizimini indentifikatsiyalash muammolari	131
11-BOB. AMALIY EKONOMETRIK MODELLAR	136
11.1. Iqtisodiy o‘shish jarayonini ishlab chiqarish funksiyalari yordamida tadqiq etish	136
11.2. Ishlab chiqarish funksiyalarining xarakteristikalarini	138
11.3. Talab va taklifning ekonometrik modellari	143
11.4. Makroiqtisodiy ekonometrik modellarning turlari va ularni iqtisodiy tahlilda qo‘llanilishi	150
12-BOB. IQTISODIY KO‘RSATKICHLARNI PROGNOZLASHDA EKONOMETRIK MODELLARDAN FOYDALANISH	154
12.1. Ijtimoiy-iqtisodiy prognozlashning umumiy tushunchalari va ob’ektlari	154
12.2. Prognozlash usullari va ularning turlari	159
12.3. Ekonometrik tenglamalar tizimi yordamida prognozlash uslubiyoti	167
13-BOB. STATSIONAR QATORLAR. ARMA MODEL	170
13.1. Statsionar qatorlar	170
13.2. Oq shovqin jarayoni	173
13.3. Avtoregressiv jarayon	175
13.4. Sirg‘aluvchi o‘rtacha jarayoni	183
13.5. Mavsumiylikni hisobga olgan holda ARMA modellari	186
14-BOB. DINAMIK EKONOMETRIK MODELLAR	190
14.1. Dinamik ekonometrik modellarning umumiy xarakteristikalarini	190
14.2. Avtoregressiya modeli va uning parametrlarini baholash	193
14.3. Taqsimlangan lagli modellarning xarakteristikasi	195
14.4. Almon usuli	197
14.5. Koyk usuli	200
15-BOB. EKONOMETRIK TADQIQOTLARDA AXBOROT TEXNOLOGIYALARI	202
15.1. EViews – ekonometrik modellashtirish dasturi imkoniyatlari	202
15.2. EViews dasturini ishga tushirish	204
15.3. EViews dasturida ma’lumotlarni kiritish va yuklash	205
15.4. Ma’lumotlarni klaviatura orqali kiritish	207
15.5. Dasturga ma’lumotlarni import qilish	213
15.6. EViews dasturida ko‘plikdagi regressiyaning klassik chiziqli modeli	215
15.7. Tavsifiy statistikalar tahlili	216
15.8. Korrelyatsion tahlil	219
15.9. Ko‘plikdagi regressiya modelini tuzish	226
15.10. Tuzilgan model sifatini tahlil qilish	229
Nazorat uchun vazifalar	234
Glossariy	274
Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati	278

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	10
ГЛАВА 1. ОСНОВЫ ЭКОНОМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	13
1.1. Введение в эконометрику. Цели и задачи курса	13
1.2. Необходимость эконометрического моделирования экономики	19
1.3. Понятие эконометрической модели, виды и переменные модели	22
1.4. Этапы эконометрического моделирования	26
ГЛАВА 2. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОНОМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ	28
2.1. Статистическая природа экономической информации	28
2.2. Выбор зависимых и независимых переменных	30
2.3. Требования к экономическим данным при построении эконометрических моделей	31
ГЛАВА 3. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ПОКАЗАТЕЛИ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ И МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ В ЭКОНОМЕТРИКЕ	36
3.1. Основные понятия теории вероятностей и математической статистики	36
3.2. Совокупности и их свойства	38
3.3. Дискретные и непрерывные случайные величины	40
3.4. Расчет характеристик случайных величин	43
ГЛАВА 4. ПАРНЫЙ КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ-РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ	49
4.1. Изучение взаимосвязей социально-экономических процессов	49
4.2. Виды коэффициента корреляции и методы их расчета	52
4.3. Линейные и нелинейные регрессионные зависимости	54
4.4. Применение метода наименьших квадратов в оценке параметров эконометрической модели	58
ГЛАВА 5. НЕЛИНЕЙНАЯ РЕГРЕССИЯ	61
5.1. Модели нелинейной регрессии	61
5.2. Корреляция для нелинейных зависимостей	63
ГЛАВА 6. МНОГОФАКТОРНЫЙ ЭКОНОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ	66
6.1. Методика построения многофакторных эконометрических моделей	66
6.2. Линейные и нелинейные многофакторные регрессионные модели	68
6.3. Метод наименьших квадратов в оценке параметров многофакторного уравнения регрессии	73
6.4. Экономический анализ параметров эконометрической модели и определение частных коэффициентов эластичности	76
ГЛАВА 7. ЧАСТНОЕ УРАВНЕНИЕ РЕГРЕССИИ	80
7.1. Частное уравнение регрессии и определение частных коэффициентов эластичности	80
7.2. Множественная корреляция	83
7.3. Частная корреляция	85
ГЛАВА 8. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЭКОНОМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ	95
8.1. Значение этапа верификации в экономическом анализе эконометрических моделей	95
8.2. Оценка качества и значимости эконометрических моделей по критериям	96
8.3. Свойства оценок параметров уравнения регрессии	103
ГЛАВА 9. ВРЕМЕННЫЕ РЯДЫ	108
9.1. Общие понятия о временных рядах	108
9.2. Структура мультипликативных и аддитивных моделей	110
9.3. Методы выравнивания временных рядов	117

ГЛАВА 10. ЭКОНОМЕТРИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В ВИДЕ СИСТЕМЫ УРАВНЕНИЙ	124
10.1. Понятие и виды одновременных систем уравнений	124
10.2. Методика расчета параметров системы эконометрических уравнений	127
10.3. Проблемы идентификации системы эконометрических уравнений	131
ГЛАВА 11. ПРИКЛАДНЫЕ ЭКОНОМЕТРИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ	136
11.1. Исследование процесса экономического роста с помощью производственной функции	136
11.2. Характеристики производственной функции	138
11.3. Эконометрические модели спроса и предложения	143
11.4. Виды макроэкономических эконометрических моделей и применение их в экономическом анализе	150
ГЛАВА 12. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКОНОМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ	154
12.1. Общие понятия и объекты социально-экономического прогнозирования	154
12.2. Методы и виды прогнозирования	159
12.3. Методика прогнозирования с помощью системы эконометрических уравнений	167
ГЛАВА 13. СТАЦИОНАРНЫЕ РЯДЫ. МОДЕЛИ ARMA	170
13.1. Стационарные ряды	170
13.2. Процесс белого шума	173
13.3. Процесс авторегрессии	175
13.4. Процесс скользящего среднего	183
13.5. Модели ARMA с учётом сезонности	186
ГЛАВА 14. ДИНАМИЧЕСКИЕ ЭКОНОМЕТРИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ	190
14.1. Общие характеристики динамических эконометрических моделей	190
14.2. Авторегрессионные модели и оценка их параметров	193
14.3. Характеристика моделей с распределенным лагом	195
14.4. Модель Алмон	197
14.5. Метод Койка	200
ГЛАВА 15. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЭКОНОМЕТРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ	202
15.1. Возможности программы эконометрического моделирования Eviews	202
15.2. Начало работы программы Eviews	204
15.3. Ввод данных и загрузка в программе Eviews	205
15.4. Ввод данных с помощью клавиатуры	207
15.5. Импорт данных в программу	213
15.6. Классическая линейная модель множественной регрессии в программе Eviews	215
15.7. Анализ описательной статистики	216
15.8. Корреляционный анализ	219
15.9. Построение множественной регрессионной модели	226
15.10. Анализ качества построенной модели	229
Задания для контроля	234
Глоссарий	274
Список использованной литературы	278

CONTENT

INTRODUCTION	10
CHAPTER 1. BASES OF ECONOMETRIC MODELING	13
1.1. Introduction to econometrics. Goals and objectives of the course	13
1.2. The need for econometric modeling of the economy	19
1.3. The concept, types and variables in the econometric model	22
1.4. Stages of econometric modeling	26
CHAPTER 2. INFORMATION SUPPORT OF ECONOMETRIC MODELS	28
2.1. The statistical nature of economic data	28
2.2. Selection of dependent and independent variables	30
2.3. Conditions for economic data in the construction of econometric models	31
CHAPTER 3. BASIC CONCEPTS OF THE THEORY OF PROBABILITIES AND MATHEMATICAL STATISTICS IN ECONOMETRICS	36
3.1. Basic concepts of probability theory and mathematical statistics	36
3.2. The population and its properties	38
3.3. Discrete and continuous random variables	40
3.4. Calculation of characteristics of random variables	43
CHAPTER 4. TWO-VARIABLE CORRELATION-REGRESSION ANALYSIS	49
4.1. The study of interrelations in socio-economic processes	49
4.2. Types of correlation coefficients and methods of their calculation	52
4.3. Linear and nonlinear regression relationships	54
4.4. The application of the method of least squares in correlation-regression analysis	58
CHAPTER 5. NONLINEAR REGRESSION	61
5.1. Nonlinear Regression Models	61
5.2. Correlation for nonlinear dependencies	63
CHAPTER 6. MULTIPLE REGRESSION ANALYSIS	66
6.1. Methods for constructing multivariate econometric models	66
6.2. Linear and nonlinear multivariate regression models	68
6.3. Least squares method in estimating parameters of multivariate regression equation	73
6.4. Economic analysis of the parameters of the econometric model and determination of partial coefficients of elasticity	76
CHAPTER 7. PRIVATE EQUATION OF REGRESSION	80
7.1. Partial regression equation and determination of partial elasticity coefficients	80
7.2. Multiple correlation	83
7.3. Private correlation	85
CHAPTER 8. ESTIMATION OF ECONOMETRIC MODELS	95
8.1. The value of the verification stage in the economic analysis of econometric models	95
8.2. Estimation of quality and importance of econometric models by criteria	96
8.3. Criteria for the economic evaluation of the parameters of econometric models	103
CHAPTER 9. TIME SERIES	108
9.1. General concepts of time series	108
9.2. The structure of the multiplicative and additive models	110
9.3. Methods of alignment of time series	117
CHAPTER 10. ECONOMETRIC MODELS AS A SYSTEM OF EQUATIONS	124
10.1. Concepts and types of simultaneous systems of equations	124
10.2. The method of calculating the parameters of the system of econometric equations	127
10.3. The problems of identification of the system of econometric equations	131
CHAPTER 11. APPLIED ECONOMETRIC MODELS	136
11.1. The study of the process of economic growth using the production function	136

11.2.Characteristics of the production function	138
11.3. Econometric models of supply and demand	143
11.4. Types of macroeconomic econometric models and their application in economic analysis	150
CHAPTER 12. USE OF ECONOMETRIC MODELS IN FORECASTING ECONOMIC INDICATORS	154
12.1. General concepts and objects of socio-economic forecasting	154
12.2. Methods and types of forecasting	159
12.3. Method of forecasting using the system of econometric equations	167
CHAPTER 13. STATIONARY SERIES. ARMA MODELS	170
13.1. Stationary series	170
13.2. White noise process	173
13.3. Autoregressive process	175
13.4. Moving average process	183
13.5. ARMA Seasonal Models	186
CHAPTER 14. DYNAMIC ECONOMETRIC MODELS	190
14.1. General characteristics of dynamic econometric models	190
14.2. Autoregressive models and evaluation of their parameters	193
14.3. Characteristics of models with a distributed lag	195
14.4. Model Almon	197
14.5. Koyck method	200
CHAPTER 15. INFORMATION TECHNOLOGIES OF ECONOMETRIC RESEARCHES	202
15.1. Features of the Eviews econometric modeling program	202
15.2. Getting started with Eviews	204
15.3. Data entry and loading in Eviews	205
15.4. Entering data using the keyboard	207
15.5. Importing of data into the program	213
15.6. The classic linear multiple regression model in Eviews	215
15.7. Analysis of descriptive statistics	216
15.8. Correlation analysis	219
15.9. Building a multiple regression model	226
15.10. Analysis of the quality of the constructed model	229
Tasks for control	234
Glossary	274
List of used literature	278

KIRISH

Jahon hamjamiyatida O‘zbekiston o‘z o‘rnini egallashi, raqobatbardosh iqtisodiyotni yaratish hamda barqaror iqtisodiy o‘shishni ta‘minlash, yangi ish o‘rinlarini tashkil qilish orqali bandlik muammosini hal etish, aholining daromadlari va farovonligini oshirishda tobora muhim o‘rin tutayotgan kichik biznes va xususiy tadbirkorlikni jadal rivojlantirish, rag‘batlantirish va qo‘llab-quvvatlash, ta‘lim tizimida zamonaviy axborot va ilg‘or pedagogik texnologiyalarni qo‘llash – ustuvor masalalar bo‘lib qolmoqda.

“Ekonometrikaga kirish” fani ijtimoiy-iqtisodiy hodisa va jarayonlarning ekonometrik modellarini tuzish, tuzilgan modellar yordamida iqtisodiy sub’ektlar holatini tahlil qilish va tahlil natijalari asosida optimal qarorlar qabul qilishni, tuzilgan modellarni turli xil mezonlar asosida tekshirish va ularni tadbiq qilish hamda ijtimoiy-iqtisodiy ko‘rsatkichlarni prognoz qilishni o‘rganadi.

Mamlakatimizda banklarning kapitallashuvi va investitsiyaviy faolligini yanada oshirish, iqtisodiyotdagi tarkibiy o‘zgarishlarning ustuvor yo‘nalishlarini qayta tiklash va kengaytirish, ishlab chiqarishni modernizatsiya qilish, texnik va texnologik yangilashga qaratilgan kreditlash hajmini oshirish va bu jarayonlarda ekonometrik modellashtirish usullaridan foydalanish muhim vazifalardan hisoblanadi.

Mamlakatimiz iqtisodiyotida ro‘y berayotgan jiddiy tarkibiy o‘zgarishlar tashqi iqtisodiy ko‘rsatkichlarda o‘zining aniq ifodasini topmoqda. Bunday iqtisodiy o‘shishga erishishda, avvalambor, keng ko‘lamli tizimli bozor islohotlarini joriy etish va xorijiy investitsiyalarni jalb qilish, iqtisodiyotda chuqur tarkibiy o‘zgarishlarni amalga oshirish, ishlab chiqarishni modernizatsiya qilish va yangilash, kichik biznes va xususiy tadbirkorlikni jadal rivojlantirishga qaratilganligi katta ahamiyatga egadir.

Iqtisodiyotni modernizatsiyalash sharoitida o‘zgarib turuvchi raqobat muhiti va bozor sharoitlarini ilg‘ab olish, ularning mohiyati hamda qonuniyatlarini chuqur tahlil qilishda ekonometrik usullar va modellardan foydalanish yordamida makroiqtisodiy indikatorlarni prognozlash, ko‘p variantli echimlardan muqobil

echimni tanlash, tavakkalchilik va noaniqlik sharoitida optimal iqtisodiy qarorlar qabul qilish, keyinchalik, bu qarorlar bajarilishini kompyuter orqali monitoring qilish masalalarining nazariy va amaliy tomonlarini o'rganishda "Ekonometrika asoslari" fani muhim ahamiyat kasb etadi.

Hozirgi paytda iqtisodiy fan va amaliyot murakkab iqtisodiy, xo'jalik va nazariy masalalarni hal qilishda amaliy matematika yutuqlaridan keng foydalanmoqda. Mamlakatimizda qabul qilingan "Ta'lim to'g'risida"gi, "Kadrlar tayyorlash Milliy dasturi" Qonunlariga asosan ta'lim olayotgan barcha talabalarni raqobatbardoshligini oshirish maqsadida bugungi kunda ta'lim jarayonlari tubdan o'zgartirilmoqda. Ta'lim sohasida o'qitishning yangi shakllari: yangi pedagogik texnologiyalar, zamonaviy axborot texnologiyalari asosida ta'lim berish usullari keng qo'llanilmoqda. Bu esa ta'lim oluvchilarning har tomonlama etuk, bilimdon va raqobatbardoshligini ta'minlashga imkon beradi.

Ushbu darslikning maqsadi talabalarni ekonometrikaning markaziy g'oyasi va ekonometrik nazariya texnikasi bilan to'liq ta'minlash, shuningdek, empirik loyihani amalga oshirish uchun zarur bo'lgan barcha vositalarni berishdir¹.

Birinchi navbatda, darslik matnida taqdim etilgan nazariyalarni tushuntirishda ekonometrika nazariyasi bilan bog'liq chuqur tahliliy va soddalashtirilgan yondashuvlarni ko'rsatib beradi. Ekonometrikada matematikadan foydalanish amaliy jihatdan muqarrar bo'lgan holda, darslik yanada puxta tushunish uchun matematikadan foydalanishni afzal ko'ruvchilar bilan bir qatorda mustahkam matematik bilimga ega bo'lmagan o'quvchilar uchun ham mo'ljallangan. Maqsadga erishish uchun, kitob ikkita alohida bo'limlarda talab asosida fanga umumiy va matematik amallar orqali yondashuvni ta'minlaydi. Shunday qilib, matematik amallar va dalillar bilan band bo'lishni istamaydigan o'quvchi har bir mavzuning matematik taxlillarini o'tkazib yuborib, matn uzluksizligiga ta'sir qilmagan holda umumiy yondashuv asosida foydalana oladi. Shu bilan birga har bir mavzuni matematik tahlil qilib o'rganishni xohlovchilar

¹ Gujarati, Damodar N. Basic econometrics / Damodar N. Gujarati, Dawn C. Porter. 5th ed. New York, NY McGraw-Hill/Irwin 2009. p.xvi

uchun har qaysi bobda tegishli bo'limlarni o'rganish imkoni mavjud. Bu imkoniyatdan foydalanib, ahamiyatga ega bo'lgan hollarda ba'zi masalalarni dalillarini matritsalar algebrasi usulidan foydalanib chuqur tahlil qilish mumkin va ayni paytda bu o'tkazilgan tahlillarning asosiy qismi matritsalar algebrasi kursini o'rganmaganlarga ham tushunarli bo'lishi uchun soddalashtirilgan usullarda taqdim etiladi.

Darslik boshlang'ich darajada bo'lib, bakalavriat talabalari uchun tavsiya etilishi bilan bir qatorda magistr va ilmiy izlanuvchilarning amaliy ishlaridayordamchi vosita bo'lib xizmat qiladi.

1-BOB. EKONOMETRIK MODELLASHTIRISH ASOSLARI

- 1.1. Ekonometrikaga kirish fanining maqsadi va vazifalari.**
- 1.2. Iqtisodiyotni ekonometrik modellashtirishning zarurligi.**
- 1.3. Ekonometrik model tushunchasi, turlari va undagi o‘zgaruvchilar.**
- 1.4. Ekonometrik modellashtirish bosqichlari.**

1.1. Ekonometrikaga kirish. Fanning maqsadi va vazifalari

Ekonometrikani o‘rganish iqtisodiyotga oid har qanday fanning asosiy mohiyatini belgilaydi va u har bir iqtisodchining savodli bo‘lishini ta‘minlaydi deyish mubolag‘a bo‘lmaydi. Buning sababi hozirgi kunda amaliy iqtisodiyotning ahamiyati uzluksiz ravishda ortib borishi hamda miqdoriy hisoblash va iqtisodiy nazariyalar va gipotezalarni baholash har qachongidan ham ko‘proq zaruriyatga aylanib borishidir. Nazariy iqtisodiyotga ko‘ra ikki va undan ortiq o‘zgaruvchi orasida bog‘liqlik mavjud bo‘lsa, amaliy iqtisodiyot kundalik hayotiy vaziyatlarda bu bog‘liqlikning dalilini talab qiladi. Real ko‘rsatkichlarni qo‘llab, iqtisodiy bog‘liqlikni hisoblash usullarini o‘rgatuvchi fan ekonometrikadir¹.

So‘zma-so‘z ekonometrika iqtisodiyotda o‘lchashni anglatadi.

Mohiyatiga ko‘ra ekonometrika o‘z ichiga iqtisodiy ma‘lumotlarni tahlil qilishda ishlatiladigan barcha statistik va matematik texnikalarni qamrab oladi.

Iqtisodiy ma‘lumotlardan bu statistik va matematik vositalari yordamida foydalanishdan asosiy maqsad, muayyan iqtisodiy taklif va modellarni isbotlash yoki rad etishga harakat qilishdir.

Ekonometrik bilimlar iqtisodiy nazariya, iqtisodiy matematika, iqtisodiy statistika, ehtimollar nazariyasi va matematik statistika kabi fanlarning o‘zaro bog‘liqligi va rivojlanishining natijasi sifatida ajralib chiqqan va shakllangan.

¹Gujarati, Damodar N. Basic econometrics / Damodar N. Gujarati, Dawn C. Porter. 5th ed. New York, NY McGraw-Hill/Irwin 2009. p. 1.

Ekonometrikaga kirish fani o'zining predmeti, maqsadi va tadqiqot masalalarini shakllantiradi. Shu bilan birga ekonometrika asoslarining mazmuni, uning tarkibi va qo'llanilish sohasi yuqorida keltirilgan fanlar bilan doimo aloqada bo'ladi.¹

Ekonometruga kirishning boshqa fanlar bilan o'zaro aloqasi quyidagilarda namoyon bo'ladi (1.1-rasm).

Ekonometrika	Boshqa fanlar
<p>Iqtisodiy hodisalar miqdoriy xarakteristikalar nuqtai nazaridan o'rganiladi.</p> <p>Iqtisodiy qonunlarning amaldagi jarayonlarga mos kelishi tekshiriladi.</p>	<p><i>Iqtisodiy nazariya.</i> Iqtisodiy hodisalarning sifat jihatlari o'rganiladi.</p> <p><i>Matematik iqtisodiyot.</i> Iqtisodiy qonunlarning ifodasi matematik modellar shaklida olinadi.</p>
<p>Iqtisodiy statistikaning instrumentariylari iqtisodiy o'zaro aloqalarni tahlil qilish va bashorat qilish uchun qo'llaniladi.</p> <p>Iqtisodiy ko'rsatkichlarning katta qismi tasodifiy xarakterga ega bo'lganligi uchun matematik statistikaning apparatidan foydalaniladi.</p>	<p><i>Iqtisodiy statistika.</i> Iqtisodiy ma'lumotlar ko'rgazmali shaklda namoyish etish uchun to'planadi va qayta ishlanadi</p> <p><i>Matematik statistika.</i> Tadqiqot maqsadidan kelib chiqib, ma'lumotlarni tahlil qilish usullari ishlab chiqiladi.</p>

1.1.-rasm.Ekonometrikaning boshqa fanlar bilan o'zaro aloqasi

Ekonometruga kirishning predmeti—bu iqtisodiy jarayonlar va hodisalarning o'zaro bog'liqligini miqdoriy ifodalanishni o'rganish hisoblanadi.

Iqtisodchilar “Ekonometrika” atamasidan P.Ts'empa (1910), Y.Shumpeter (1923), R.Frishi (1930) larning tadqiqotlari natijasida qo'llay boshladilar.

Ushbu termin ikkita so'z “Ekonomika” va “Metrika” larning birlashishidan hosil bo'lgan. Grek tilidan tarjima qilganda OIKONOMOS (ekonomist) – bu uy boshqaruvchisi, METRIKA (*metrihe, metron*) – o'lchov ma'nolarini bildiradi.

¹Gujarati, Damodar N. Basic econometrics / Damodar N. Gujarati, Dawn C. Porter. 5th ed. New York, NY McGraw-Hill/Irwin 2009. p. 1.

Ekonometrika sohasida bir qator mashhur olimlar ekonometrikaga quyidagicha ta’riflar keltirishgan (1.2-rasm).

Muallif	“Ekonometrika” tushunchasining mazmuni
R. Frish	«...uchta tashkil etuvchi-statistika, iqtisodiy nazariya va matematika fanlarining birlashuvidir»
Ts. Grilixes	«...bizni o‘rab turgan iqtisodiy dunyoni o‘rganish uchun bir vaqtning o‘zida bizning teleskopimiz hamda mikroskopimizdir»
E. Malenvo	«...bizning hayolij iqtisodiy tasavvurlarimizni empirik mazmun bilan to‘ldiradi»
S. Fisher	«...iqtisodiy o‘zgaruvchilar o‘rtasida o‘zaro aloqalarni o‘lchash uchun statistik usullarni ishlab chiqish va qo‘llash bilan shug‘ullanadi»
S. Ayvazyan	«...sifat jihatdan o‘zaro bog‘lanishlarga miqdoriy ifodani berishga imkon beruvchi usullar va modellar to‘plamini birlashtiradi»

1.2.-rasm.Ekonometrika tushunchasining mazmuni

Garchi o‘lchash ekonometrikaning muhim qismi bo‘lsada, quyidagi tsitatalardan ko‘rish mumkinki, ekonometrikani qo‘llash sohasi yanada kengroqdir:

"Ekonometrika iqtisodiyotning roliga bo‘lgan ma’lum qarashlar natijasidir, bunda iqtisodiy ma’lumotlarga matematik statistikasi qo‘llash orqali matematik iqtisodiyot bo‘yicha tuzilgan modellar va olingan miqdoriy natijalarni empirik qo‘llab-quvvatlash imkonini beradi"¹.

"...ekonometrika mantiqiy mushohada qilishning mos keluvchi metodlari asosida kuzatuvlar va nazariyani parallel ishlab chiqishga asoslangan real iqtisodiy hodisalarni miqdoriy tahlil qiladi"².

"...ekonometrika ijtimoiy fan sifatida aniqlanishi mumkin, unda iqtisodiy nazariyava matematikaning instrumentlari hamda statistik xulosalar iqtisodiy hodisalarni tahlil qilishda qo‘llaniladi"¹.

"...ekonometrika iqtisodiy qonunlarni empirik aniqlash bilan shug‘ullanadi".²

¹Gerhard Tintner. *Methodology of Mathematical Economics and Econometrics*, The University of Chicago Press, Chicago, 1968, p. 74.

²P.A. Samuelson, T.C. Koopmans, and J.R.N. Stone, "Report of the Evaluative Committee for *Econometrica*", *Econometrica*, vol. 22, no. 2, April 1954, pp. 141–146.

¹Arthur S. Goldberger, *Econometric Theory*, John Wiley & Sons, New York, 1964, p. 1.

²H. Theil, *Principles of Econometrics*, John Wiley & Sons, New York, 1971, p. 1.

"Ekonometristning san'ati bo'lib, u egalik qilgan ma'lumotlar bo'yicha eng yaxshisini qabul qilishga imkon beruvchi, bir vaqtning o'zida etarlicha konkret va etarlicha haqqoniy hisoblangan farazlar to'plamini topishdan iborat"³.

"Ekonometristlar ...iqtisodiyotning yomon imidjini (miqdoriy yoki boshqa ko'rinishda)" yo'qotish harakatlariga ijobiy tomondan yordam beradi"⁴.

"Ekonometrik tadqiqotlar metodi mazmuni bo'yicha iqtisodiy nazariya va haqiqiy o'lchovlarni statistik xulosalar nazariyasi va metodikasidan foydalanib birlashtirishga yo'naltirilgan"⁵.

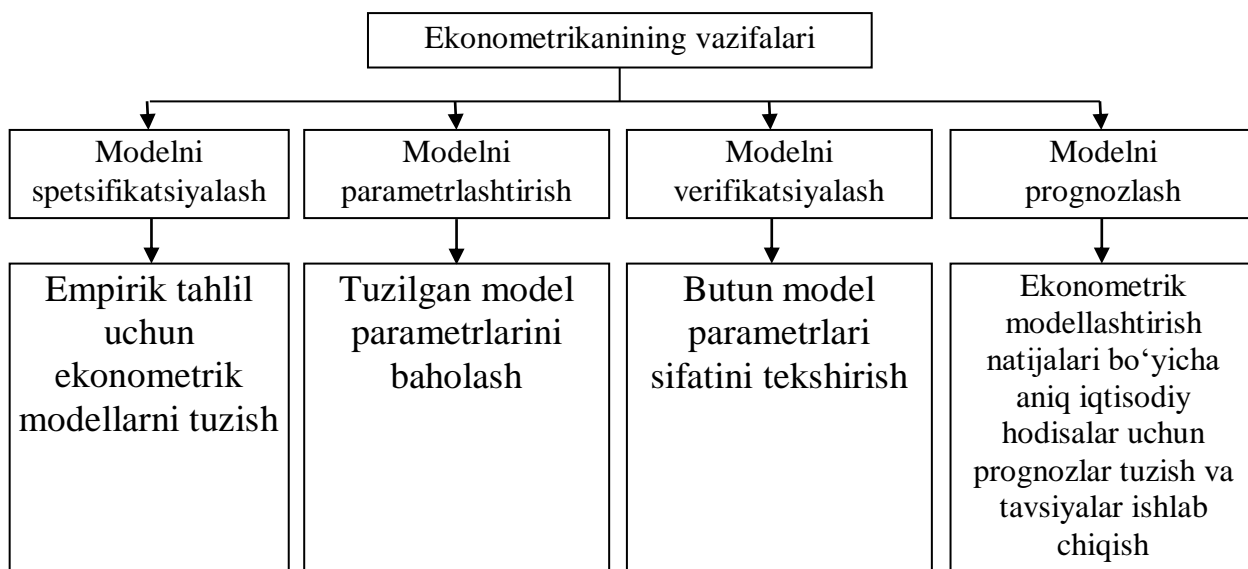
Ekonometrikani aniqlash bo'yicha yondashuvlar tahlili hamda ekonometrika fanining holati ayrim masalalarni echishga erishishda ushbu fanning maqsadini shakllantiradi.

Ekonometrikaning maqsadi- bu real iqtisodiy ob'ektlarni modellashtirish va miqdoriy tahlil qilishning usullarini ishlab chiqishdan iborat.

Ekonometrikaning vazifalari (1.3-rasm):

1) Modelni spetsifikatsiya qilish - empirik tahlil uchun ekonometrik modellarni tuzish.

2) Modelni parametrlashtirish - tuzilgan model parametrlarini baholash.



1.3-rasm. Ekonometrikaning vazifalari

³ E. Malinvaud, *Statistical Methods of Econometrics*, Rand McNally, Chicago, 1966, p. 514.

⁴ Adrian C. Darnell and J. Lynne Evans, *The Limits of Econometrics*, Edward Elgar Publishing, Hants, England, 1990, p. 54.

⁵ T. Haavelmo, "The Probability Approach in Econometrics" Supplement to *Econometrica*, vol. 12, 1944, preface p.iii.

3) Modelni verifikatsiya qilish - model parametrlari sifatini va butun modelning o'zini tekshirish.

4) Model asosida prognoz qilish - ekonometrik modellashtirish natijalari bo'yicha aniq iqtisodiy hodisalar uchun prognozlar tuzish va tavsiyalar ishlab chiqish.

Ekonometrikaning metodologiyasi¹. Ekonometristlar iqtisodiy muammoni tahlil qilishda qanday yo'l tutadilar, ya'ni ularning metodologiyasi nimalardan iborat? Ekonometrika metodologiyasi bo'yicha bir necha maktablar mavjud, lekin biz bu yerda hozirgacha iqtisodiyot va boshqa ijtimoiy fanlarning empirik tadqiqotlarida ustunlik qilib kelayotgan an'anaviy yoki klassik metodologiyani keltirib o'tamiz².

An'anaviy ekonometrik metodologiyalar quyidagi yo'nalishlarda olib boriladi:

1. Nazariya yoki gipotezaning qo'yilishi.
2. Nazariyaning matematik modelini aniqlashtirish.
3. Statistik yoki ekonometrik modelni aniqlashtirish.
4. Ma'lumotlarni to'plash.
5. Ekonometrik model parametrlarini baholash.
6. Gipotezalarni testdan o'tkazish.
7. Prognozlash yoki oldindan aytib berish.
8. Boshqarish maqsadlari uchun modeldan foydalanish.

Yuqorida keltirilgan qadamlarni izohlash uchun Dj.M.Keynsning iste'mol nazariyasini ko'rib chiqamiz.

1. Nazariya yoki gipotezaning qo'yilishi.

Keyns ta'kidlaydiki "...fundamental psixologik qonun shundan iboratki, qoidaga ko'ra erkaklar (ayollar) o'zlarining o'rtacha daromadlari ortishi bilan

¹Gujarati, Damodar N. Basic econometrics / Damodar N. Gujarati, Dawn C. Porter. 5th ed. New York, NY McGraw-Hill/Irwin 2009. p.2.

²Эконометрика методологияси билан батафсилроқ танишиш учун қуйидагича қаранг. David F. Hendry, *Dynamic Econometrics*, Oxford University Press, New York, 1995. See also Aris Spanos, *op. cit.*

daromadga nisbatan unchalik katta bo'lmagan darajada o'zlarining iste'mollarini oshirishga harakat qiladilar"¹.

Qisqacha aytganda, Keynes iste'molga bo'lgan chekli moyillik (*MRS*) bu daromadning bir birlikka (1 dollarga) o'zgarishi bilan iste'moldagi o'zgarishning tezligi bo'lib, noldan katta, ammo 1 dan kichik deb faraz qilgan.

2. Iste'molning matematik modelini spetsifikatsiya qilish.

Keynes daromad va iste'mol o'rtasida musbat o'zaro bog'liqlik mavjudligini aytgan bo'lsada, ular o'rtasida bog'liqlik qaysi shaklda ekanligini aniqlashtirmagan. Soddalik uchun, iqtisodchi-matematik Keynesning iste'mol funksiyasini quyidagi ko'rinishda taklif qilishi mumkin:

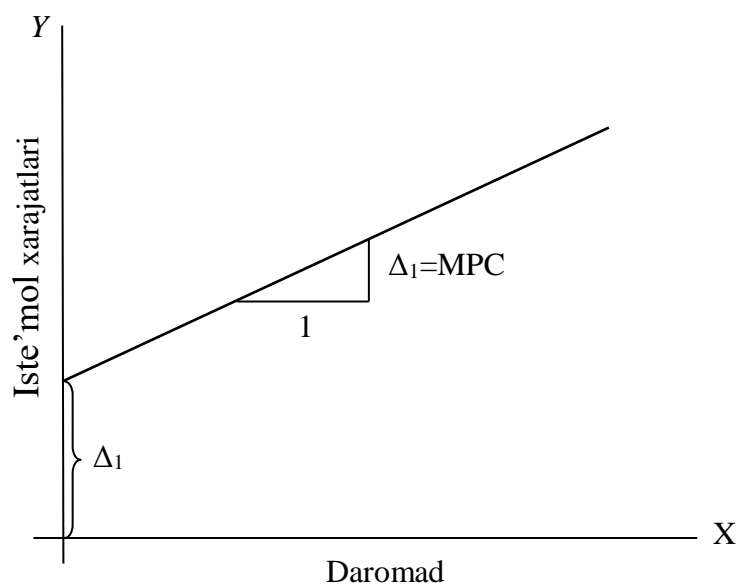
$$Y = \beta_1 + \beta_2 X, \quad 0 < \beta_2 < 1 \quad (1.1)$$

bu yerda Y - iste'mol uchun xarajatlari va X - daromad, β_1 va β_2 lar modelning ma'lum parametrlari va mos ravishda burchak koeffitsientlari hisoblanadi.

β_2 burchak koeffitsienti iste'molga bo'lgan chekli moyillikni o'lchaydi. (1.1) tenglama geometrik tarzda 1.4-rasmda keltirilgan. Ushbu tenglama iste'mol daromad bilan chiziqli bog'langan bo'lib, bu iste'mol va daromad o'rtasida o'zaro bog'liqlikning matematik modeliga misol bo'ladi hamda u iqtisodiyotda iste'mol funksiyasi deb ataladi. Model matematik tenglamalar to'plami sifatida namoyon bo'ladi. Agar model bitta tenglamaga ega bo'lsa, u bir tenglamali model deyiladi, agar bittadan ortiq tenglamaga ega bo'lsa, u holda ko'plikdagi model deyiladi.

(1.1) formuladagi tenglik belgisidan chap tomonda turgan o'zgaruvchi bog'liq o'zgaruvchi, o'ng tomonidagi esa bog'liq bo'lmagan yoki tushuntirib beruvchi o'zgaruvchi deyiladi. Shunday qilib, Keynesning iste'mol funksiyasida (1.1) tenglamadagi iste'mol funksiyasi bog'liq o'zgaruvchi va daromad manbai bog'liq bo'lmagan yoki tushuntirib beruvchi o'zgaruvchi hisoblanadi.

¹ John Maynard Keynes, *The General Theory of Employment, Interest and Money*, Harcourt Brace Jovanovich, New York, 1936, p. 96.



1.4-rasm. Keynsning iste'mol funksiyasi

1.2. Iqtisodiyotni ekonometrik modellashtirishning zarurligi

Kuzatilayotgan ob'ektlarni chuqur va har tomonlama o'rganish maqsadida tabiatda va jamiyatda ro'y beradigan jarayonlarning modellari yaratiladi. Buning uchun ob'ektlar hamda ularni xossalari kuzatiladi va ular to'g'risida dastlabki tushunchalar hosil bo'ladi. Bu tushunchalar oddiy so'zlashuv tilida, turli rasmlar, sxemalar, belgilar, grafiklar orqali ifodalanishi mumkin. Ushbu tushunchalar **model** deb aytiladi.

Model so'zi lotincha *modulus* so'zidan olingan bo'lib, o'lchov, me'yor degan ma'noni anglatadi.

Keng ma'noda model biror ob'ektni yoki ob'ektlar sistemasini namunasidir. Model tushunchasi biologiya meditsia, fizika va boshqa fanlarda ham qo'llaniladi.

Jamiyatdagi va iqtisodiyotdagi ob'ektlarni matematik modellar yordamida kuzatish mumkin. Bu tushuncha modellashtirish deyiladi.

Iqtisodiy model - iqtisodiy ob'ektlarning soddalashtirilgan nusxasidir. Bunda modelning hayotiyliigi, uning modellashtiriladigan ob'ektga aynan mos kelishi muhim ahamiyatga egadir. Lekin yagona modelda o'rganilayotgan ob'ektning hamma tomonini aks ettirish mumkin emas. Shunda jarayonning eng xarakterli va eng muhim belgilari aks ettiriladi.

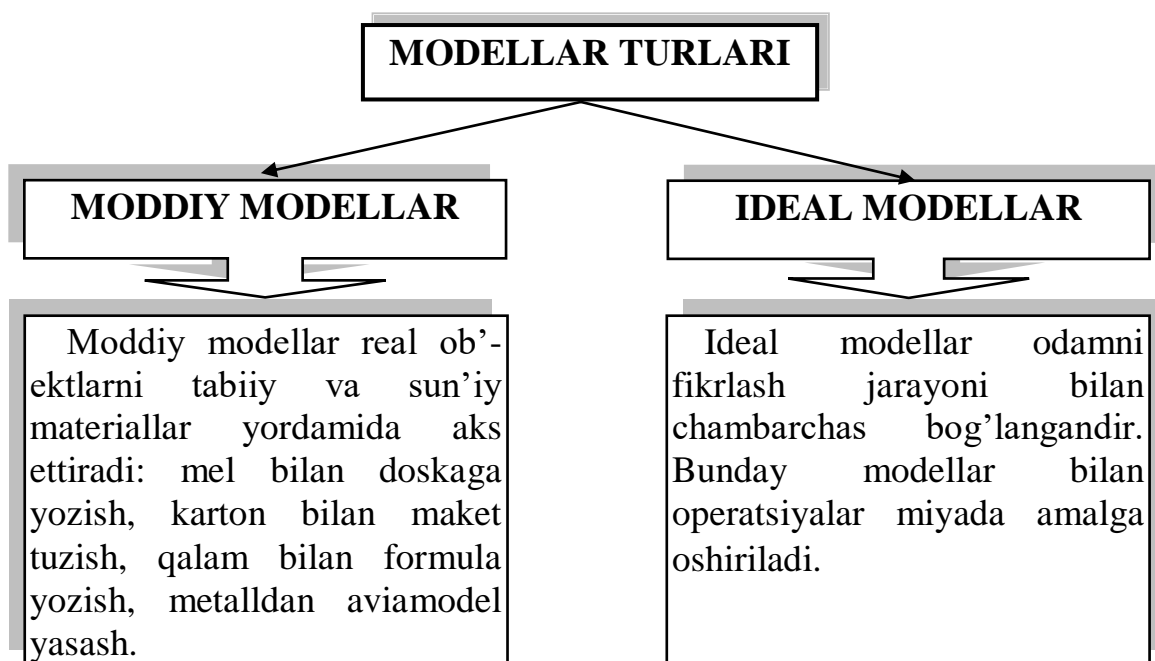
Modellashtirishning universal usul sifatida boshqa usullarga qaraganda afzalliklari mavjud. Ushbu afzalliklar esa quyidagilardan iborat:

I. Avvalo, modellashtirish katta va murakkab sistemani oddiy model yordamida ifodalashga imkoniyat beradi. Masalan, xalq xo'jaligi bu o'ta murakkab sistemadir. Uni oddiy qora yashik sxemasi orqali ifodalash mumkin.

II. Model tuzilishi bilan kuzatuvchiga eksperimentlar qilish uchun keng maydon tug'iladi. Modelning parametrlarini bir necha marta o'zgartirib, ob'ektni faoliyatini eng optimal holatini aniqlab, undan keyin hayotda qo'llash mumkin. Real ob'ektlar ustida eksperiment qilish ko'plab xatolarga va katta xarajatlarga olib kelishi mumkin.

III. Model, noshakl sistemani, matematik formulalar yordamida shakllantirishga imkoniyat beradi va EHMLar yordamida sistemani boshqarishga yordam beradi.

IV. Modellashtirish o'rganish va bilish jarayonini kengaytiradi. Model hosil qilish uchun ob'ekt har tomonlama o'rganiladi, tahlil qilinadi. Model tuzilganidan so'ng, uning yordamida ob'ekt to'g'risida yangi ma'lumotlar olish mumkin. Shunday qilib, ob'ekt to'g'risidagi bilish jarayoni to'xtovsiz jarayonga aylanadi.



1.5.-rasm. Modellar turlari

Ekonometrik usullar oddiy an'anaviy usullarni inkor etmasdan, balki ularni yanada rivojlantirishga va ob'ektiv o'zgaruvchan natija ko'rsatkichlarini boshqa ko'rsatkichlar orqali muayyan tahlil qilishga yordam beradi. Ekonometrik usullarning va kompyuterlarning milliy iqtisodiyotni boshqarishda afzalliklaridan biri shundaki, ular yordamida modellashtiruvchi ob'ektga omillarning ta'sirini, natija ko'rsatkichiga resurslarning o'zaro munosabatlarini ko'rsatish mumkin. Bu esa o'nlab tarmoqlar va minglab korxonalarda ishlab chiqarish natijalari va milliy iqtisodiyotni ilmiy asosda prognozlashtirish va boshqarishga imkon beradi.

Ekonometrik modellashtirish iqtisodiy ko'rsatkichlarni o'zgarish qonuniyatlarini, tendentsiyalarni aniqlash natijasida ekonometrik modellar yordamida iqtisodiy jarayonlarni rivojlanish va prognozlash yo'llarini belgilaydi.

Iqtisodiy ma'lumotlar dinamik qator yoki dinamik ustun ko'rinishida tuziladi, ya'ni ular vaqt bo'yicha o'zgaradilar. Kuzatuvlar soni omillar sonidan 4-5 marta ko'proq bo'lishi kerak.

Ekonometrik modellashtirish va modellar ahamiyati quyidagilarda namoyon bo'ladi:

- 1) Ekonometrik usullar yordamida moddiy, mehnat va pul resurslaridan oqilona foydalaniladi.
- 2) Ekonometrik usullar va modellar iqtisodiy va tabiiy fanlarni rivojlantirishda etakchi vosita bo'lib xizmat qiladi.
- 3) Ekonometrik usullar va modellar yordamida tuzilgan prognozlarni umumiy amalga oshirish vaqtida ayrim tuzatishlarni kiritish mumkin bo'ladi.
- 4) Ekonometrik modellar yordamida iqtisodiy jarayonlar faqat chuqur tahlil qilibgina qolmasdan, balki ularning yangi o'rganilmagan qonuniyatlarini ham ochishga imkoni yaratiladi. Shuningdek, ular yordamida iqtisodiyotning kelgusidagi rivojlanishini oldindan aytib berish mumkin.
- 5) Ekonometrik usullar va modellar hisoblash ishlarini avtomatlashtirish bilan birga, aqliy mehnatni engillashtiradi, iqtisodiy soha xodimlarining mehnatini ilmiy asosda tashkil etadi va boshqaradi.

Asosiy ekonometrik usullar – bu matematik statistika usullari va ekonometrik usullar.

Matematik statistika usullari - dispersion tahlil, korrelyatsiya tahlili, regressiya tahlili, omilli tahlil, indekslar nazariyasi.

Ekonometrik usullar - iqtisodiy o'sish nazariyasi, ishlab chiqarish funksiyasi nazariyasi, talab va taklif nazariyasi.

Ekonometrikani o'rganish jarayoni – bu iqtisodiyot, iqtisodiy jarayonlarning ekonometrik modellarini tuzish jarayonidir.

Asosiy qo'llanadigan usuli – korrelyatsion-regression tahlil usuli.

Ekonometrik modellashtirish quyidagi ilmiy yo'nalishlar kompleksidir:

- iqtisodiy nazariya;
- ehtimollar nazariyasi;
- matematik statistika;
- kompyuter texnologiyalari.

1.3. Ekonometrik model tushunchasi, turlari va undagi o'zgaruvchilar

Iqtisodiyotda qonuniyatlar iqtisodiy ko'rsatkichning o'zaro aloqasi sifatida nomayon bo'ladi. Yalpi mahsulot Y korxonadagi resurslar (x_1, x_2, \dots, x_n) sarfiga bog'liq bo'ladi va u $Y = F(x_1, x_2, \dots, x_n)$ tarzda yoziladi.

Bu nisbiy model deb ataladi va u o'zgaruvchilar bog'liqligini ifodalaydi. Umumiy holda Y o'zgaruvchi (natijaviy ko'rsatkich) erkin o'zgaruvchilarga (x_1, x_2, \dots, x_n) bog'liqligini quyidagicha yozish mumkin $Y = F(x_1, x_2, \dots, x_n)$. Erkin o'zgaruvchilar ekonometrikada omillar, regressorlar deb ham ataladi.

Agar berilgan $\bar{X} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ to'plamga bevosita Y ning qiymatlari mos kelsa bunday bog'liqlik funksional deb ataladi. Funksional bog'liqlikning xususiyati shundan iboratki har bir alohida holda to'la omillar qiymatiga aniq

natijaviy ko'rsatkich qiymati to'g'ri keladi va bu mexanizm tenglama tarzida yoziladi.

Ammo iqtisodiyotda ko'pgina hollarda natijaviy ko'rsatkichlarning miqdori ko'pgina ob'ektiv va sub'ektiv (insonlar maqsadga yo'naltirilgan faoliyat) omillarga, ba'zan tasodifiy omillarga bog'liq bo'ladi. Bundan tashqari iqtisodiy bog'liqliklarni o'rganishda to'la axborotga ega bo'lmaganda o'rganilayotgan ko'rsatkichga ta'sir etuvchi omillarning to'la ro'yxati bo'lmasligi yoki omillarning ta'siri turli tuman bo'lishi mumkin.

Agar ta'sir etuvchi omillar tasodifiy bo'lsa ularning ta'sirini ehtimollik asosida aniqlash mumkin. Bunday bog'liqliklar stoxastik deb ataladi va qo'yidagicha ifodalanadi:

$$Y = F(x_1, x_2, \dots, x_n) + \varepsilon$$

bu yerda x_i erkin o'zgaruvchilar (amallar);

$F(x_1, x_2, \dots, x_n)$ natijaviy ko'rsatkich Y ning inobatga olingan omillar vazni belgilanmaydigan qismi

ε nazorat qilib bo'lmaydigan omillar ta'sirida natijaviy ko'rsatkichning o'zgarishini ifodalovchi miqdor.

Shunday qilib ekonometrik modellar tuzishda o'rganuvchi miqdorning tasodifiy ekanligi ta'minlanadi.

Tadqiq qilinayotgan o'zgaruvchilar orasidagi bog'liqlik odatda matematika yordamida emas balki sifat tahlili yordamida aniqlanadi va uning mohiyati va ichki bog'liqlik sababi aniqlanadi.

Ekonometrik modellashtirishning maqsadi $F(x_1, x_2, \dots, x_n)$ funksiyaning ko'rinishini aniqlash va shunday tenglama topish zarurki, u o'rganilayotgan hodisa harakteriga mos kelsin. Buning uchun adekvat bo'lgan tenglamani topish uchun dispersion, korrelyatsion va regression tahlillar qo'llanilgan holda bog'liqlikni sonli ifodasi va uning barqarorligi aniqlanadi.

Ekonometrik modellarning turli toifadagi bir biridan modellashtirish ob'ekti mazmuni va matematik ko'rinishi jihatdan farqli qiladigan hillari mavjud.

Shularning ayrimlarini ko'rsatib o'tamiz.

1. Bir tenglamali regression modellar

$Y = F(\bar{X}, a) + \varepsilon$, bu yerda $\bar{X} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ – o'zgaruvchi omillar sifatida ishtirok etuvchi iqtisodiy ko'rsatkichlar; a – modelning parametrlarining vektori.

2. Bir vaqtli tenglamalar tizimi.

Bu modellar tizimli tenglamalar ko'rinishida bo'ladi. Tizim regression tenglamalardan iborat bo'lishi mumkin va har biri erkin o'zgaruvchi omillardan tashqari boshqa tenglamalardagi bog'liq bo'lgan o'zgaruvchilardan tuzilgan bo'lishi mumkin. Amaliyotda bunday tizimlarning rekursiv ko'rinishga keltiriladi. Buning uchun oldin bog'liq bo'lgan ko'rsatkichlar (o'zgaruvchilar) topiladi va ular faqat erkin o'zgaruvchilarga bog'liq bo'ladi. Keyinchalik erkin o'zgaruvchilar va topilgan bog'liq bo'lgan o'zgaruvchilar aniqlanadi. Shunday qilib har bir Y faqat erkin o'zgaruvchilar va tizimda aniqlangan o'zgaruvchilardan iborat bo'ladi. Tizimli ekonometrik tenglamalar oddiy regression tenglamalardan farqli o'laroq murakkab matematik apparatni talab etadi.

3. Vaqt qatorlari modellari.

Ma'lum ko'rsatkichni vaqt bo'yicha ketma-ket joylashtirilishi vaqtli qator deb ataladi. Tadqiq qilinayotgan o'zgaruvchining qiymatlari qator darajasi deb ataladi.

Vaqt qatorlari modellarda faqat bitta erkin o'zgaruvchi t -vaqt bo'ladi va ular bir omilli modellardir.

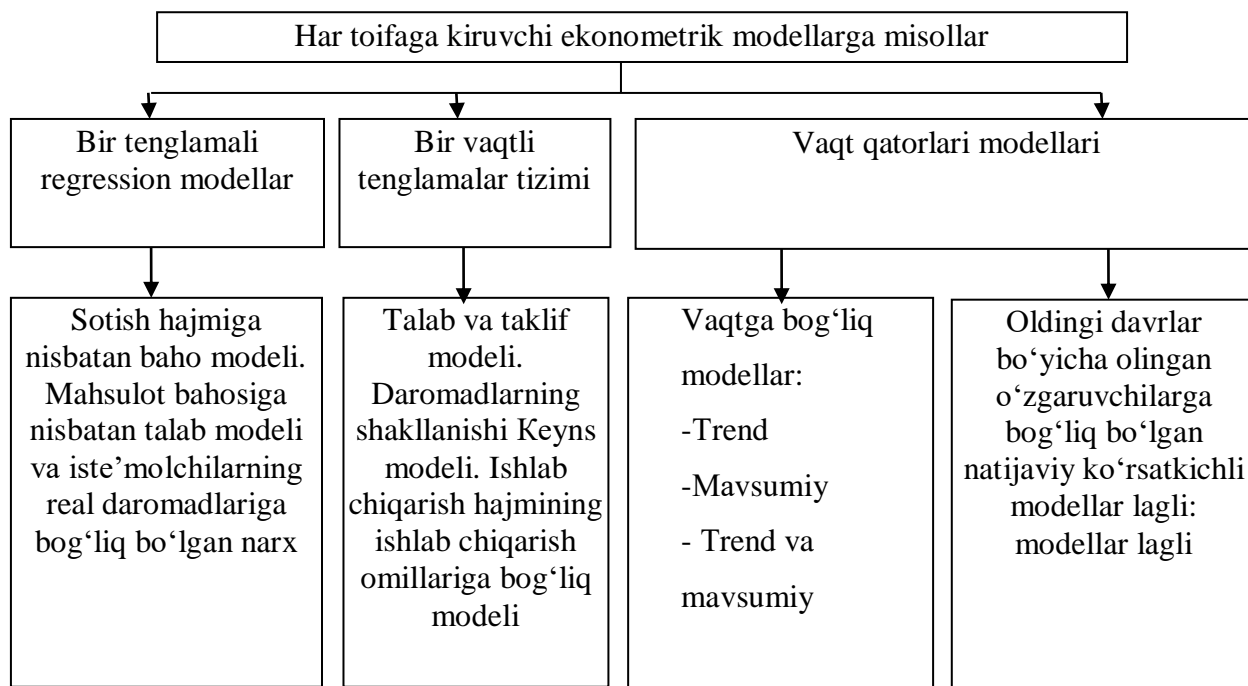
Iqtisodiy ko'rsatkichlardan tashkil topgan vaqtli qatorlarda quyidagi tarkibiy elementlar: trend, mavsumiy, tsiklik va tasodifiy komponentlarni aniqlash mumkin. Trend deb jarayondagi uzoq muddatli barqaror va takrorlanuvchi komponentga aytiladi. Masalan: vaqt oralig'ida maxsulotning sotish hajmining uzluksiz oshishi, maxsulot ishlab chiqarishning o'zgarishi va h.k.

Iqtisodiy jarayonlarning vaqtli qatorlar trendining atrofida doimiy tebranuvchi komponenta bo'lishi mumkin. Agar u davriy bo'lib yil davomida tebranib tursa uni mavsumiy tebranishlar deyiladi. Agar tebranish bir necha yil

davomida davom etsa uni siklik tebranish deb ataymiz. Trend mavsumiy va siklik komponentlar doimiy bo'lsa ularni vaqtli qatorlarning tizimli komponenti deyiladi. Vaqtli qator doimo bu komponentlarga ega bo'lishi shart emas.

Siklik tebranishlardan tashkil topgan ekonometrik modellarni additiv yoki multiplikativ shaklda yozish mumkin.

Vaqtli modellarga shuningdek ko'p miqdordagi murakkab additiv prognoz va avtoregression modellarni kiritish mumkin.

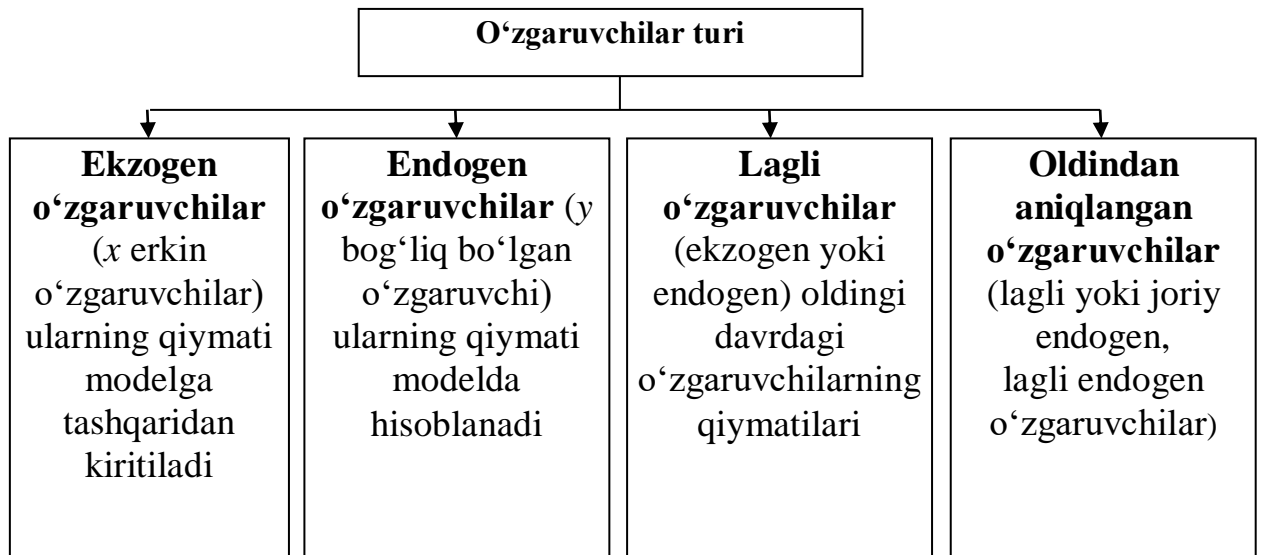


Ekonometrik modellarning ma'lumotlar turi:

Makon bo'yicha- malum davrda har xil obektlar bo'yicha ma'lumotlar, masalan: Mintaqa korxonalarining ishlab chiqarish hajmi, ishchi xizmatchilar soni.

Vaqt bo'yicha- aynan obekt bo'yicha bir necha davr ma'lumotlari, masalan: istemol tavarlari indeksi, keyingi yillardagi bandlik va h.k.

Ekonometrik modellar o'zgaruvchilarini shartli quyidagi turlarga ajratish mumkin (1.6-rasm.)



1.6.-rasm. O'zgaruvchilar turi

1.4. Ekonometrik modellashtirish bosqichlari

Ekonometrik modellarni tuzish bir qancha bosqichlardan tashkil topadi.

Birinchi bosqich – spetsifikatsiyalash - iqtisodiy muammoni qo‘yilishi – asosiy omillar guruhi tanlanadi, iqtisodiy ma’lumot to‘planadi, asosiy omil va ta’sir etuvchi omillar guruhi belgilanadi; korrelyatsion tahlil usuli yordamida ekonometrik modelda qatnashadigan omillar aniqlanadi. Iqtisodiy jarayon har tomonlama nazariy, sifat jihatdan tahlil qilinadi va uning parametrlari, ichki va tashqi informatsion aloqalar, ishlab chiqarish resurslari, rejalashtirish davri kabi ko‘rsatkichlar aniqlanadi.

Ikkinchi bosqich – identifikatsiya qilish. Bu bosqichda izlanayotgan noma’lum o‘zgaruvchilar qaysi, qanday maqsadni ko‘zda tutadi, natija nimalarga olib keladi kabi savollar aniqlangan bo‘lishi kerak. «Eng kichik kvadratlar usuli» yordamida tuziladigan ekonometrik modelning parametrlari aniqlanadi.

Uchinchi bosqich –verifikatsiya qilish. Tuzilgan modelni ahamiyati to‘rtta yo‘nalish bo‘yicha tekshiriladi:

- modelning sifati ko‘plikdagi korrelyatsiya koeffitsienti va determinatsiya koeffitsienti yordamida baholanadi;

- modelning ahamiyati approksimatsiya xatoligi va Fisher mezoni yordamida baholanadi;

- modelning parametrlarini ishonchliligi Styudent mezoni bo'yicha baholanadi;

- Darbin-Uotson mezoni yordamida «Eng kichik kvadratlar usulining» bajarilish shartlari tekshiriladi.

To'rtinchi bosqich – tuzilgan va baholangan ekonometrik model yordamida asosiy iqtisodiy ko'rsatkichlar prognoz davriga hisoblanadi.

Yuqorida sanab o'tilgan bosqichlar bir-biri bilan chambarchas bog'liq va biri ikkinchisini to'ldirib, yagona maqsadni amalga oshirish uchun xizmat qiladi.

Shuni eslatib o'tish kerakki, masalani kompyuterda echish uchun standart dastur bo'lishi kerak, agar unday dastur bo'lmasa, uni ma'lum algoritmlar asosida tuzish zarur.

Nazorat uchun savollar

1. Ekonometrika fanining maqsadi nimalardan iborat?
2. Ekonometrik modellashtirishning zarurligi?
3. Ekonometrikaning qo'llanish sohalarini tushuntirib bering?
4. Ekonometrik modellashtirish usullari tasnifi qanday?
5. Ekonometrik modellarni tuzish bosqichlarini aytib bering?
6. Iqtisodiy model so'zini tushuntirib bering?
7. Iqtisodiy-matematik modellarga ta'rif bering?
8. «Model» tushunchasiga ta'rif bering?

2-BOB. EKONOMETRIK MODELLARNING AXBOROT TA'MINOTI

2.1. Iqtisodiy ma'lumotlarning statistik tabiati

2.2. Bog'liq va bog'liq bo'lmagan o'zgaruvchilarni tanlash

2.3. Ekonometrik modellarni tuzishda qatnashadigan iqtisodiy ma'lumotlarga qo'yiladigan talablar

2.1. Iqtisodiy ma'lumotlarning statistik tabiati

Iqtisodiy jarayonlarni vaqt davomida o'zgarishini o'rganish muhim ahamiyatga ega. Chunki barcha iqtisodiy jarayonlar va hodisalar vaqt davomida o'zgaruvchan bo'ladi. Iqtisodiyotda barcha iqtisodiy jarayonlarni iqtisodiy-statistik modellar orqali o'rganish natijasida u yoki bu iqtisodiy ko'rsatkichning hozirgi holati va kelajakdagi o'zgarishini ilmiy asosda tahlil qilish va bashoratlash mumkin bo'ladi.

Iqtisodiy-statistik modellashtirish usuli - bozor iqtisodiyoti sub'ektlarining iqtisodiy faoliyati tahlili va rejalashtirishni takomillashtirishga qaratilgan tadbirlardan biridir.

Iqtisodiy-statistik modellashtirish iqtisodiy ko'rsatkichlar va ishlab chiqarish omillari o'rtasidagi aloqalar o'z mohiyatiga ko'ra stoxastik bo'lgan asosga tayanadi. Iqtisodiy sub'ektlar faoliyatini statistik modellashtirish zamon va makonda ularning rivojlanish jarayonini o'rganishda asosiy o'rin egallaydi. Bu modellar ishlab chiqarish tendensiyalari va qonuniyatlarini aniqlash uchun moslashgandir.

Hatto eng takomillashgan statistik model ham iqtisodiy hodisa va jarayonlarning butun aloqadorligini qamrab olishga qodir emas. Shunga ko'ra, iqtisodiy tahlil va iqtisodiy-statistik modellashtirishni qo'llashda har doim noaniqlik elementlari mavjud bo'ladi. Odatda, iqtisodiy-statistik modellashtirishni

qo'llash samaradorligining asosiy shartlaridan biri uning real ko'rinish va jarayonga aynan mos kelishi hisoblanadi.

Iqtisodiy-statistik modelashtirishni noaniq bo'lishligining sabablari quyidagi hollarda sodir bo'lishi mumkin:

1. Axborotli – axborotning xatoligi, uning ko'rsatkichlari, omillar va ob'ektlar majmuining noaniqligi.
2. Tarkibiy – aniqlanmagan xilma-xilliklarning mavjudligi.
3. Modelli – ko'rsatkichlar va dalillar o'rtasida bog'lanish shakllaridan noto'g'ri foydalanish.

Iqtisodiy-statistik kuzatuvlar olib borilganda, texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlar ko'rinishidagi, materiallar oqimidagi axborotlarga duch kelamiz. Shu nuqtai nazardan, ishlab chiqarishga - kirish axborotini, chiqish axborotiga o'zgartirgich sifatida qaraladi.

Ekonometrik modellarni tuzishda muhim bosqichlaridan biri modelda qatnashadigan omillar va ko'rsatkichlarni tanlashdir.

Ko'p hollarda o'rganilayotgan ko'rsatkichlarga juda ko'p omillar ta'sir etmoqda. Shu jumladan, ularning hammasi modelda qatnashishi mumkin emas yoki iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiq emas.

Ko'rsatkichlar va omillarni to'liq qator sifatida quyidagicha tasvirlash mumkin:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_k / x_{(k+1)}, \dots, x_m / x_{(m+1)}, \dots, x_n)$$

1) Birinchi omillar guruhi (x_1, x_2, \dots, x_k) – bu modelga kiritiladigan o'zgaruvchilar

2) Ikkinchi omillar guruhi $(x_{k+1}, x_{k+2}, \dots, x_m)$ – modelda qatnashmaydi, lekin ulardan har biri tadqiqotchi tomonidan kuzatilayotgan statistik jamlanmada u yoki bu qiymatlarda nazorat qilinadi

3) Uchinchi omillar guruhi $(x_{m+1}, x_{m+2}, \dots, x_n)$ – tasodifiy o'zgaruvchilar, ular tadqiqotchi tomonidan nazorat qilinmaydi, lekin "y"ning o'zgarishiga ta'sir etmoqda.

Agar birinchi guruhga soni bo'yicha ko'p bo'lmagan, lekin "y" ning o'zgarishiga kuchli ta'sir qilgan omillar qirsa, ushbu ekonometrik model ahamiyatli deb hisoblanadi.

Bundan tashqari, qolgan omillardan ko'proq soni 2 chi guruhga va kamroq soni 3 chi guruhga kirgani maqsadga muvofiqdir.

2.2. Bog'liq va bog'liq bo'lmagan o'zgaruvchilarni tanlash

Hodisalar orasidagi o'zaro bog'lanishlarni o'rganish Ekonometriga kirish fanining muhim vazifasidir. Bu jarayonda ikki xil belgilar yoki ko'rsatkichlar ishtirok etadi, biri erkli o'zgaruvchilar, ikkinchisi erksiz o'zgaruvchilar hisoblanadi. Birinchi toifadagi belgilar boshqalariga ta'sir etadi, ularning o'zgarishiga sababchi bo'ladi. shuning uchun ular omil belgilar deb yuritiladi, ikkinchi toifadagilar esa natijaviy belgilar deyiladi. Masalan, paxta yoki bug'doyga suv, mineral o'g'itlar va ishlov berish natijasida ularning hosildorligi oshadi. Bu bog'lanishda hosildorlik natijaviy belgi, unga ta'sir etuvchi kuchlar (suv, o'g'it, ishlov berish va h.k.) omil belgilardir.

Yoki, iste'molchining daromadi ortib borishi natijasida uning tovar va xizmatlarga bo'lgan talabi oshadi. Bu bog'lanishda talabning ortishi natijaviy belgi, unga ta'sir etuvchi omil, ya'ni daromad esa omil belgidir.

Omillarning har bir qiymatiga turli sharoitlarida natijaviy belgining har xil qiymatlari mos keladigan bog'lanish korrelyatsion bog'lanish yoki munosabat deyiladi. Korrelyatsion bog'lanishning xarakterli xususiyati shundan iboratki, bunda omillarning to'liq soni noma'lumdir. Shuning uchun bunday bog'lanishlar to'liqsiz hisoblanadi va ularni formulalar orqali taqriban ifodalash mumkin, xolos.

Umumiy holda qaralsa, korrelyatsion munosabatda erkin o'zgaruvchi X belgining har bir qiymatiga $(x_i \quad i = \overline{1..k})$ erksiz o'zgaruvchi Y belgining $(y_j \quad j = \overline{1..s})$ taqsimoti mos keladi. O'z-o'zidan ravshanki, bu holda ikkinchi Y belgining har bir qiymati (y_j) ham birinchi X belgining (x_i) taqsimoti bilan

xarakterlanadi. Agar to'plam hajmi katta bo'lsa, belgi X va Y larning juft qiymatlari x_i va y_j ham ko'p bo'ladi va ulardan ayrimlari tez-tez takrorlanishi mumkin. bu holda korrelyatsion bog'lanish kombinatsion jadval (korrelyatsiya to'ri) shaklida tasvirlanadi.

Bog'lanishlar to'g'ri chiziqli va egri chiziqli bo'ladi. Agar bog'lanishning tenglamasida omil belgilar (X_1, X_2, \dots, X_k) faqat birinchi daraja bilan ishtirok etib, ularning yuqori darajalari va aralash ko'paytmalari qatnashmasa, ya'ni

$y_x = a_0 + \sum_{i=1}^k a_i X_i$ ko'rinishda bo'lsa, chiziqli bog'lanish yoki xususiy holda, omil

bitta bo'lganda $y = a_0 + a_1 x$ to'g'ri chiziqli bog'lanish deyiladi.⁶

Ifodasi to'g'ri chiziqli tenglama bo'lmagan bog'lanish egri chiziqli bog'lanish deb ataladi. Xususan,

parabola $y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2$

giperbola $y_x = a_0 + \frac{a_1}{x}$

darajali $y_x = a_0 x^a$ va boshqa ko'rinishlarda ifodalanadigan bog'lanishlar egri chiziqsiz bog'lanishga misol bo'la oladi.

2.3. Ekonometrik modellarni tuzishda qatnashadigan iqtisodiy ma'lumotlarga qo'yiladigan talablar

Korrelyatsion va regression tahlilni qo'llash vaqtida, omillarni tanlab olish va ulardan modellarda foydalanish hamda baholashdagi asosiy qoidalar quyidagilardan iborat:

1. Omillarni o'rganish bilan qamrab olinadigan ro'yxat chegaralangan, omillar esa nazariy asoslangan bo'lishi lozim.
2. Modelga kiritilgan barcha omillar miqdor o'zgarishlarga ega bo'lishi kerak.

⁶Gujarati D.N. Basic Econometrics. McGraw-Hill, 4th edition, 2003 (Gu), Inc. p. 10

3. Tadqiq qilinayotgan to'plam sifatli bir jinsli bo'lishi lozim.
4. Omillar o'zaro funksional bog'lanmasliklari shart.
5. Kelajakda omillar o'zaro ta'sirini ekstrapolyatsiya qilish uchun modellardan foydalanilayotgan vaqtda xarakter jiddiy o'zgarmasligi, statistik mustahkam va barqaror bo'lishi lozim.
6. Regression tahlilda har bir omilning (x) qiymatiga bir xil regressiyali natijaviy o'zgaruvchi (y) taqsimoti normal yoki yaqin darajada mos kelish lozim.
7. O'rganilayotgan omillar tadqiq etilgan, natijaviy ko'rsatkichli, mantiqan davriy bo'lishi lozim.
8. Natijaviy ko'rsatkichga jiddiy ta'sir ko'rsatadigan faqat muhim omillar ta'sirini ko'rib chiqish lozim.
9. Regressiya tenglamalariga kiritilgan omillar soni katta bo'lmasligi lozim. Chunki omillar sonining katta bo'lishi, asosiy omillardan chetga olib kelishi mumkin. Omillar soni kuzatishlar sonidan 3-5 marta kam bo'lishi kerak.
10. Regressiya tenglamasining omillari turli xil xatolar ta'sirida buzilishga olib keladigan xatoliklar bo'lmasligi kerak. Omillar o'rtasida funksional yoki shunga yaqin bog'lanishlarning mavjudligi - multikollinearlik borligini ko'rsatadi.
11. Kuzatuvlar sonini oshirish uchun ularning makonda takrorlanishidan foydalanish mumkin emas. Makonda hodisalarning o'zgarishi avtoregressiyani vujudga keltirishi mumkin. Avtoregressiya esa statistikadagi mavjud o'zgaruvchilar o'rtasidagi bog'lanishni ma'lum darajada buzadi. Shuning uchun ko'rsatkichlar dinamik qatorlarida regression bog'lanishni o'rganish statistikadagi bog'lanishni o'rganishdan tubdan farq qiladi.
12. Har bir omil bo'yicha taqsimot normal taqsimotga ega bo'lishi shart emas. Bu regression tahlilni natijaviy, alomatli qiymat va tasodifsiz qiymatli omillar o'rtasidagi bog'lanishni ifodalovchi sifatida ta'riflashdan kelib chiqadi.
13. Omillarni natural birlikda o'lchashda nisbiy qiymatlarga nisbatan ortiqroq ko'rish lozim. Nisbiy qiymatlar o'rtasidagi korrelyatsiya, regressiya

tenglamasi parametrlari qiymati bog‘lanish mazmunini buzishi mumkin. omillar o‘rtasidagi bog‘lanishni ifodalovchi sifatida ta’riflashdan kelib chiqadi.

Demak, ekonometrik modellarga qo‘yiladigan asosiy talablar :

- 1) Modelda kuzatilayotgan "**y**"ning o‘zgarishiga kuchli ta’sir qilayotgan asosiy omillar qatnashishi kerak;
- 2) Barcha bog‘liq bo‘lmagan "**x**" omillar asosiy bog‘liq bo‘lgan omil "**y**" bilan zich bog‘langan bo‘lishi kerak;
- 3) Bog‘liq bo‘lmagan "**x**" omillar o‘zaro sust (kuchsiz) bog‘langan bo‘lishi kerak.

Iqtisodiy jarayonlar dinamikasini aks ettirish mohiyatiga ko‘ra, statik va dinamik modellar mavjud.

Statik modellar o‘zida vaqtning ayrim, qayd qilingan oralig‘ini qamrab oladi. Dinamik model vaqtning izchil oraliq tizimi holatini aks ettiradi. O‘zgaruvchan xarakterga ko‘ra, boshlang‘ich iqtisodiy ishlab chiqarish omillari yoki aralash omillarni o‘z ichiga olgan modellarni ko‘rsatish mumkin.

Ishlab chiqarishning boshlang‘ich omillari deganda, keyinchalik taqsimlab bo‘lmaydigan oddiy omillar, masalan, resurslar harajati - jonli mehnat, vosita, mehnat qurollari tushuniladi. Modelning tuzilishiga qarab, ularni modelga turli o‘lchov birligi (natural, qiymat) va turli aniqlik darajasi bilan kiritish mumkin. Bunday holda ularning boshlang‘ich xarakteri saqlanadi.

Quyidagi modellar turi boshlang‘ich va ishlab chiqarish omillarining turli kombinatsiyalarini beradi:

a) ishlab chiqarish natijalarining boshlang‘ich resurslar xarajati darajasi va tarkibiga hamda ishlab chiqarish ehtiyojlari sharoitiga bog‘liqligini xarakterlaydigan to‘liq modellar;

b) ishlab chiqarish ehtiyojlari sharoiti ob’ektlari guruhi yoki vaqt bo‘yicha barqaror hisoblangan paytlarda qo‘llaniladigan “vazifalar - mahsulot ishlab chiqarish” modeli;

c) ishlab chiqarish texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlar o'rtasidagi o'zaro va boshlang'ich ishlab chiqarish omillari bilan aloqalarini xarakterlovchi turli xil modellar.

Modellar o'zgaruvchanligiga ko'ra, umumiy va xususiy modellarga bo'linadi. Umumiy model o'lchanadigan alomatlarining barchasini hamda o'rganilayotgan ishlab chiqarish jarayonining bir tomonini, masalan, tabiiy sharoit belgilarini qisman o'z ichiga oladi. Alomatlarining barchasini o'z ichiga olgan model bilan xususiy (masalan, faqat tabiiy sharoit omillari) modelni taqqoslab, ishlab chiqarish tabiiy iqlim omillarining ta'siri qaysi vaqtda ko'proq, qaysi vaqtda kamroq bo'lishini aniqlash mumkin.

Umumiylik darajasi bo'yicha iqtisodiy ko'rsatkichlar avtonom tizimidagi farqlarni ajrata bilish lozim. Birinchi xil modellar mustaqil foydalanish, ikkinchi xil modellar esa qandaydir tizimdagi modellarning organik tarkibiy qismi hisoblanadi. va ularni qo'llash xarakterini aniqlaydi.

Tasniflashning mana shu turiga modellarning bir sathli, pog'onali va ko'p sathli bo'linishi ham kiradi. Ayrim hollarda ishlab chiqarish boshlang'ich omillarining katta sonlarni hisobga olish va xususiy texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlar orqali ularni samaradorlikning umumiy sintetik ko'rsatkichlariga ta'sirini tekshirish xususiyati bilan ikkinchi sxema ustun turadi.

Pog'onali, ko'p sathli modellar faqat turli darajadagi iqtisodiy aloqalarni aks ettirish uchun tuzilmay, balki turli davrlarga mansub bo'lgan iqtisodiy ko'rsatkichlarni modellashtirish bilan aniqlash uchun ham tuziladi.

Modellarni tuzilishi bo'yicha tasniflash jarayonini modellar yordamida ifodalash va boshlang'ich axborotdan foydalanish xarakteri alomati bo'yicha tasniflashdan iborat. Birinchi xil alomat (belgi) bo'yicha ikki xil statistik modellarni ko'rsatish mumkin. Ular bashoratlarni tavsiflash va tushuntirish modellaridir.

Tavsiflash modellari - o'zgaruvchan o'zaro aloqalarni eng yaxshi tarzda tavsiflaydigan regressiyalarni tenglashtirish modeli hisoblanadi. Bunday hollarda modellar parametri mazmundor ma'noga ega bo'lmaydi. Mazkur parametrlar

qiymatini belgilashda approksimatsiya, ya'ni tavsiflanayotgan o'zgaruvchan kirish bilan tavsiflanayotgan chiqish o'rtasidagi statistik muvofiqlik barqarorlik vazifalari hal eiladi.

Tavsiflash modellarini tuzish paytida ko'pincha belgilangan muddatdagi iqtisodiy ko'rsatkichlarning aralashma faktlaridan foydalaniladi. Bunday hollarda ko'rsatkichlar harakatidagi ketma-ketlik va aloqalar mavjudligi to'g'risidagi statistik ma'lumotlar tadqiqotchilarni qiziqtiradi.

Ko'pincha tavsiflash modellarini tuzish vaqtida iqtisodiy ko'rsatkichlarning aralash faktlaridan foydalaniladi. Bunday hollarda tadqiqotchilarni dalil sifatida tanlab olingan ko'rsatkichlar funksiyalarning o'zgarishiga sabab bo'lgan yoki bo'lmaganligi haqidagi statistik dalil qiziqtiradi. Tushuntirish - bashoratlash modelining nomi, uning milliy iqtisodiyotda qanday rol tutishini aniq tushuntiradi. Ular belgilangan faktlar majmui, gipotezalar o'rtasidagi muvofiqlikni aniqlaydi. Bunday omillar - dalillarni taqqoslash asosida prognozlashtirilayotgan ko'rsatkich shakllanish mexanizmini o'rganish, ya'ni sanoat ob'ekti rivojlanishining harakatlantiruvchi kuchlarini aniqlash masalasi turadi.

Tushuntirish - bashoratlash modeli parametrlarini baholashda aynan tenglashtirish masalasi hal qilinadi. Masalaning mohiyati qandaydir to'g'ri keladigan statistik usullar yordamida chuqur ma'noli farazlar asosida tuzilgan tenglamalarning noma'lum parametrlarini qidirib topishdan iborat. Binobarin, identifikatsiya masalalarining approksimatsiya masalalaridan farqi shundaki, unda oldindan o'zgaruvchan bog'lanish tarkibi berilgan bo'ladi.

Nazorat uchun savollar

1. Iqtisodiy ko'rsatkichlarni qanday shakllarda namoyon etish mumkin?
2. Iqtisodiy ma'lumotlarni qayta ishlashning qanday usullarini bilasiz?
3. Talab va taklif modelida qaysi o'zgaruvchi bog'liq va qaysi o'zgaruvchi bog'liq emas?
4. Ekonometrik modellarni tuzishda qanday talablar qo'yiladi?
5. Omillar o'lchov birligini tanlashda qanday muammolarga duch kelinadi?
6. Ekonometrik modellarning qanday shakllari mavjud?

3-BOB. EKONOMETRIKADA EHTIMOLLAR NAZARIYASI VA MATEMATIK STATISTIKANING ASOSIY TUSHUNCHALARI

3.1. Ehtimollar nazariyasi va matematik statistikaning asosiy tushunchalari.

3.2. To'plamlar va ularning xossalari.

3.3. Diskret va uzluksiz tasodifiy miqdorlar.

3.4. Tasodifiy miqdorlarning xarakteristikalarini hisoblash.

3.1. Ehtimollar nazariyasi va matematik statistikaning asosiy tushunchalari

Statistik ma'lumotlarni tahlil qilish va umumlashtirish - bu statistik tadqiqotlarning yakuniy bosqichi bo'lib, uning pirovard maqsadi o'rganilayotgan ijtimoiy-iqtisodiy hodisalar va jarayonlarning tendensiyalari va qonuniyatlari to'g'risida nazariy xulosalar va amaliy xulosalar olishdir.

Ehtimollar nazariyasida nisbiy chastota, ehtimollik tushunchasi, chegaraviy va shartli ehtimollik tushunchalarini bilish, Bayes teoremasi haqida axborotga ega bo'lis hzarur.

Tahlil - bu ob'ektni individual jihatlari va tarkibiy qismlarini hisobga olgan holda ilmiy tadqiq etish usuli.

Iqtisodiy va statistik tahlil - bu o'rganilayotgan hodisa va jarayonlarning yetarli darajada aks etishini nazorat qilish maqsadida an'anaviy statistik va matematik usullardan keng foydalanishga asoslangan metodologiyani ishlab chiqish.

Statistik tahlilning vazifalari quyidagilardan iborat: o'rganilayotgan hodisa va jarayonlarning o'ziga xosligi va xususiyatlarini aniqlash va baholash, ularning tuzilishini, aloqalarini va rivojlanish qonuniyatlarini o'rganish.

Statistik tahlil bosqichlari:

- tahlil maqsadini shakllantirish;
- ma'lumotlarni tanqidiy baholash;

- ma'lumotlarning qiyosiy baholanishi va taqqoslanishini ta'minlash;
- umumlashtiruvchi ko'rsatkichlarni shakllantirish;
- o'rganilayotgan hodisa va jarayonlarning muhim xususiyatlarini, o'xshashliklari va farqlarini, aloqalari va shakllarini aniqlash va asoslash;
- o'rganilayotgan hodisaning rivojlanish istiqbollari bo'yicha xulosalar va amaliy takliflarni shakllantirish.

Tahlil usullari o'rganilayotgan jarayonlarning tabiati, ularning o'ziga xosligi, xususiyatlari va namoyon bo'lish shakllariga qarab o'zgarishi kerak.

Ma'lumotlarning statistik tahlili o'rganilayotgan hodisalarning mohiyatini nazariy, sifatli tahlil qilish va ularning tuzilishi, aloqalari va dinamikasini o'rganish uchun mos keladigan miqdoriy vositalar bilan uzviy bog'liqlikda amalga oshiriladi.

Matematik statistika - bu matematikaning ilmiy va amaliy xulosalar uchun tizimlashtirish, qayta ishlash va statistik ma'lumotlarni ishlatishning matematik usullariga bag'ishlangan bo'limi.

Matematik statistika - bu eksperimental ma'lumotlarni qayta ishlash usullari bilan shug'ullanadigan fan. Har qanday fan murakkabligi va ahamiyatini oshirish maqsadida quyidagi vazifalarni hal qiladi:

- 1) hodisaning tavsifi;
- 2) tahlil qilish va prognoz qilish;
- 3) optimal yechimni izlash.

Matematik statistika ham bunday masalani hal qiladi:

- 1) olingan statistik materiallarni tizimlashtirish;
- 2) olingan eksperimental ma'lumotlar asosida kuzatilgan tasodifiy o'zgaruvchisining raqamli xususiyatlarini baholash;
- 3) minimal o'lchov xatolar bilan ishonchli natijalarni olish uchun yetarli bo'lgan tajribalar sonini aniqlash.

Tasodifiy o'zgaruvchilar ehtimollik taqsimoti va ehtimollik kutulish normal taqsimotining xossalari va binominal taqsimotni bilish zarur.

Statistik tanlovda oddiy tanlama usulini bilish yetarli.

Baholash xususida uning usullarini, dispersiya, dispersiyani hisoblash va

xatosiz ma'lumotlarni bilish kerak.

Statistik xulosa qilish uchun t - va F testlarni o'tkazishni, ishonchlilik intervalini, tahminlar ma'nosi va ahamiyatini bilish kerak.

Asosiy statistik ko'rsatkichlar 2 guruhga bo'linadi: o'rtacha darajasini o'lchaydigan va dispersiyani o'lchaydigan.

O'rtacha darajali ko'rsatkichlar ob'ektlar tanlanmasini o'rtacha xarakteristikasini ma'lum bir belgisi bo'yicha beradi: o'rtacha qiymat; standart xatosi; standart chetlanish; ekstsess; asimmetriya; interval; minimum; maksimum; mediana; moda; kvantil; ishonchlilik intervali.

Dispersiyani o'lchaydigan ko'rsatkichlar: tasodifiy miqdorning dispersiyasi; o'rtacha kvadratik chetlanish; variatsiya qulochi va shu kabi statistik ko'rsatkichlar.

Matematik statistika barcha ob'ektlarni tahlil qilmaydi, ammo faqat, bunday ob'ektlarning umumiy xarakteristikalari asosida yaratilgan katta guruhdan tanlangan bir nechta. Matematik statistikadagi ushbu hodisa tahlilning tanlanma usuli deb ataladi.

3.2. To'plamlar va ularning xossalari

Statistikada *to'plam* iborasi juda keng qo'llaniladi. To'plam hajmi deb bu to'plamdagi ob'ektlar soniga aytiladi.

To'plam, agar uning ob'ektlarining bir yoki bir nechta o'rganilgan muhim xususiyatlari barcha birliklar uchun umumiy bo'lsa, bir hil deb nomlanadi.

Turli xil hodisalarni o'z ichiga olgan jami, bir jinsli emas deb hisoblanadi. Jami bir jihatdan bir hil, ikkinchisida turli xil bo'lishi mumkin. Har bir alohida holatda, to'plamning bir xilligi o'rganilayotgan ijtimoiy hodisaning mazmunini oydinlashtirgan holda sifatli tahlilni o'tkazish yo'li bilan o'rnatiladi.

To'plamning quyidagi turlari mavjud:

- asosiy;
- tanlama;

- cheklangan;
- cheksiz.

Tanlanma to'plam, yoki oddiy kilib, tanlanma deb tasodifiy ravishda tanlab olingan ob'ektlar to'plamiga aytiladi.

Bosh to'plam deb tanlanma ajratilgan ob'ektlar to'plamiga aytiladi.

Masalan, 1000 ta detaldan tekshirish uchun 100 ta detal olingan bo'lsa, u holda bosh to'plam hajmiga $N=1000$, tanlanma hajmi esa $n=100$.

Bosh to'plam ko'pincha *chekli* sondagi elementlarni o'z ichiga oladi. Ammo bu son ancha katta bo'lsa, u holda hisoblashlarni soddalashtirish yoki nazariy xulosalarni ixchamlash maqsadini ko'zda tutib, ba'zan bosh to'plam *cheksiz* ko'p sondagi ob'ektlardan iborat deb faraz qilinadi. Bunday yo'l qo'yish shu bilan oqlanadagi bosh to'plam hajmini orttirish tanlanma ma'lumotlarini ishlab chiqish natijalariga amalda ta'sir etmaydi.

Matematik statistikaning asosiy vazifasi tanlanmalar uchun bosh to'plamning xususiyatlarini baholashdir.

Butun bosh to'plamning haqida biz, qoida tariqasida, hech narsani aniq bilmaymiz va faqat taxminlar-farazlar qilishimiz mumkin. Gipotezalarimizni sinab ko'rish uchun biz umumiy populyatsiyadan mustaqil namunani tekshiramiz va noma'lum nazariy parametrlarning namunaviy baholari asosida tuzamiz.

To'plam birligi - kuzatish talab etiladigan element.

Belgi - to'plam birligining belgilar turlari:

- sonli (miqdoriy);
- son bilan ifodalab bo'lmaydigan (atributiv).

Miqdoriy - raqamli o'lchov sifatida ko'rsatilgan (yoshi, ish staji, sotish, daromad va boshqalar). Ularga ko'ra siz belgining o'ziga xos qiymati va to'plamda belgining umumiy yoki o'rtacha qiymati bo'lgan birliklar soni to'g'risida yakuniy ma'lumotlarni olishingiz mumkin.

Atributiv (tavsiflovchi) - og'zaki ifoda etilgan, masalan, jinsi, millati, ma'lumoti va boshqalar. Ularga ko'ra atributning berilgan qiymatiga ega bo'lgan

statistik birliklarning soni to'g'risida xulosa chiqarish mumkin.

Variatsiya - belgining o'zgarishidir.

Variant - o'zgaruvchi belgining konkret ifodasi. Variantlar lotin harflarida belgilanadi. Masalan:

$$X_1, X_2, \dots, X_k$$
$$Y_1, Y_2, \dots, Y_k$$

O'zgaruvchi belgining miqdorlari majmuasi *variatsion qator* deb ataladi.

Agar variantlarni ko'payish yoki kamayish bo'yicha joylashtirsak, *tartibli variatsion qatorni* tuzamiz.

3.3. Diskret va uzluksiz tasodifiy miqdorlar

Tasodifiy miqdor X deb, avvaldan noma'lum bo'lgan va oldindan inobatga olib bo'lmaydigan tasodifiy sabablarga bog'liq bo'lgan hamda sinash natijasida bitta mumkin bo'lgan qiymat qabul qiluvchi miqdorga aytiladi.

Diskret (uzlukli) tasodifiy miqdor deb, ayrim, ajralgan qiymatlarni ma'lum ehtimollar bilan qabul qiluvchi miqdorga aytiladi. Diskret tasodifiy miqdorning mumkin bo'lgan qiymatlari soni chekli yoki cheksiz bo'lishi mumkin.

20 ta talabalar ichida o'g'il bolalar soni $0, 1, 2, \dots, 20$ qiymatlarni qabul qilishi mumkin bo'lgan tasodifiy miqdordir.

Uzluksiz tasodifiy miqdor deb chekli yoki cheksiz oraliqdagi barcha qiymatlarni qabul qilishi mumkin bo'lgan miqdorga aytiladi.

To'pdan otilgan snaryadning uchib o'tgan masofasi tasodifiy miqdordir. Bu miqdorning mumkin bo'lgan qiymatlari $[a, b]$ oraliqqa tegishlidir.

Tasodifiy o'zgaruvchi taqsimot qonuni bilan berilgan.

Taqsimot qonuni - bu tasodifiy o'zgaruvchining barcha mumkin bo'lgan qiymatlari va ularning ehtimolliklari o'rtasidagi bog'liqlik.

Tasodifiy o'zgaruvchini ko'rsatishning turli usullari mavjud:

- taqsimot funksiyasi - har qanday tasodifiy o'zgaruvchilar uchun;
- taqsimot qatori - diskret miqdorlar uchun;

- ehtimollik zichligi - uzluksiz miqdorlar r uchun.

Diskret tasodifiy o'zgaruvchining taqsimot qonuni bu mumkin bo'lgan qiymatlar va ularning ehtimolliklari o'rtasidagi moslikdir.

Jadvalda:

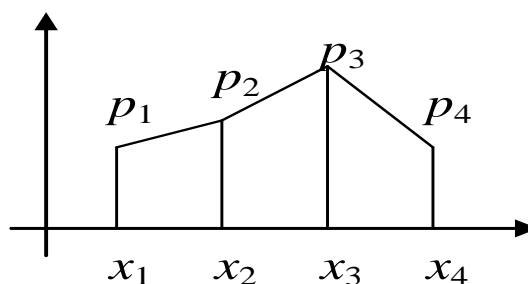
X	x_1	x_2	...	x_n
P	p_1	p_2	...	p_n

Analitik:

$$p_1 + p_2 + \dots + p_n = 1$$

Grafik jihatdan:

taqsimot ko'pburchagi



Diskret tasodifiy miqdorning matematik kutilishi deb, uning barcha mumkin bo'lgan qiymatlarini mos ehtimollarga ko'paytmalari yig'indisiga aytiladi:

$$M(X) = x_1 p_1 + x_2 p_2 + \dots + x_n p_n = \sum_{i=1}^n x_i p_i \quad (3.1)$$

Matematik kutilishning xossalari.

1. O'zgarmas miqdorning matematik kutilishi shu o'zgarmasning o'ziga teng:

$$M(C) = C \quad (3.2)$$

2. O'zgarmas ko'paytuvchini matematik kutilishi belgisidan tashqariga chiqarish mumkin:

$$M(CX) = CM(X) \quad (3.3)$$

3. Ikkita erkli X va U tasodifiy miqdorlar ko'paytmasining matematik kutilishi ularning matematik kutilishlari ko'paytmasiga teng:

$$M(XY) = M(X)M(Y) \quad (3.4)$$

4. Ikkita tasodifiy miqdor yig'indisining matematik kutilishi qo'shiluvchilarning matematik kutilishlari yig'indisiga teng:

$$M(X + Y) = M(X) + M(Y) \quad (3.5)$$

Mumkin bo'lgan qiymatlari $[a, b]$ segmentiga tegishli bo'lgan uzluksiz X tasodifiy o'zgaruvchining matematik kutilishi aniq integral hisoblanadi:

$$M(X) = \int_a^b xf(x)dx \quad (3.6)$$

Agar tasodifiy o'zgaruvchining mumkin bo'lgan qiymatlari butun Ox o'qi bo'ylab taqsimlansa, u holda

$$M(X) = \int_{-\infty}^{+\infty} xf(x)dx \quad (3.7)$$

Dispersiya tasodifiy o'zgaruvchining kuzatilgan qiymatlarining uning matematik kutilish atrofida tarqalish darajasini tavsiflaydi. Tasodifiy o'zgaruvchining dispersiyasi tasodifiy o'zgaruvchining o'rtacha qiymatidan chetlanishini tavsiflaydi va diskret tasodifiy o'zgaruvchi uchun quyidagi formula bo'yicha topiladi:

$$D(X) = M[X - M(X)]^2 \quad (3.8)$$

Dispersiyaning ikkinchi formulasi mavjud bo'lib, uni qo'lda hisoblash uchun ishlatish qulayroq

$$D(X) = M(X^2) - (M(X))^2 \quad (3.9)$$

Uzluksiz X tasodifiy o'zgaruvchining dispersiyasi quyidagi formula bo'yicha topiladi:

$$D(X) = \int_a^b x^2 f(x)dx - [M(X)]^2 \quad (3.10)$$

$$D(X) = \int_a^b x^2 f(x)dx - [M(X)]^2 \quad (3.11)$$

Dispersiyaning xossalari.

1. O'zgaras miqdorning dispersiyasi nolga teng:

$$D(C) = 0$$

2. O'zgaras ko'paytuvchini kvadrati yordamida dispersiyasi belgisidan tashqariga chiqarish mumkin:

$$D(CX) = C^2 D(X)$$

3. Ikkita tasodifiy miqdor yig'indisining dispersiyasi qo'shiluvchilarning dispersiyasi yig'indisiga teng:

$$D(X + Y) = D(X) + D(Y)$$

Matematik kutilishning o'lchami tasodifiy o'zgaruvchining o'zi bilan bir xil. Dispersiyaning o'lchami tasodifiy o'zgaruvchining o'lchovi kvadratiga teng. Tasodifiy o'zgaruvchining o'zi bilan bir xil birliklarda tarqalish darajasini taxmin qilish uchun uchinchi raqamli xususiyat kiritiladi.

Tasodifiy o'zgaruvchining o'rtacha kvadratik farqi (standart chetlanishi) - bu dispersiyaning kvadrat ildizi bo'ladi:

$$\sigma = \sqrt{D(x)} \quad (3.12)$$

Dispersiya singari, standart chetlanishi ham tasodifiy o'zgaruvchining kuzatilgan qiymatlarining uning matematik kutilish atrofida tarqalish darajasini tavsiflaydi.

Ammo bu holda σ ning o'lchami tasodifiy o'zgaruvchining o'lchamiga teng bo'ladi.

3.4. Tasodifiy miqdorlarning xarakteristikalarini hisoblash⁷

O'rtacha qiymatlar ommaviy ijtimoiy hodisalarning xulosaviy (yakuniy) xarakteristikasini ta'minlovchi umumlashtiruvchi statistik ko'rsatkichlarga ishora qiladi, chunki ular turli xil atributlarning ko'p sonli individual qiymatlari asosida tuzilgan.

⁷Gujarati D.N. Basic Econometrics. McGraw-Hill, 4th edition, 2003 (Gu), Inc. p. 155

Statistikada ikkita katta sinfga bo‘linadigan har xil o‘rtacha ko‘rsatkichlar qo‘llaniladi:

- darajali o‘rtachalar (o‘rtacha garmonik, o‘rtacha geometrik, o‘rtacha arifmetik, o‘rtacha kvadratik, o‘rtacha kubik);

- tarkibiy o‘rtachalar (moda, mediana).

Darajali o‘rtacha qiymatlarini hisoblash uchun siz mavjud bo‘lgan barcha belgi qiymatlaridan foydalanishingiz kerak.

Moda va medianalar faqat taqsimot tuzilishi bilan belgilanadi, shuning uchun ular tarkibiy, pozitsion o‘rtacha ko‘rsatkichlar deyiladi. Moda va medianalar ko‘pincha o‘rtacha ko‘rsatkich sifatida darajali o‘rtachalarni hisoblash imkonsiz yoki amaliy bo‘lmagan to‘plamlarda qo‘llaniladi.

O‘rtachaning eng keng tarqalgan turi - bu o‘rtacha arifmetikdir.

Oddiy arifmetik o‘rtacha bilan birga o‘rtacha vaznli (torttirilgan) arifmetik o‘rtacha ham o‘rganiladi.

Arifmetik o‘rtacha:

$$X = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (3.13)$$

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n X_i m_i}{\sum_{i=1}^n m_i} \quad (3.14)$$

Chastota (m) - absolyut miqdor bo‘lib, har variantning to‘plamda necha bor uchrashuvini ko‘rsatadi.

Chastotaning nisbiy ko‘rinishi *chastota ulushi* deb ataladi.

$$w_i = \frac{m_i}{\sum_{i=1}^n m_i}, \quad \sum_{i=1}^n w_i = 1, \quad \sum w_i \cdot 100 = 100\% \quad (3.15)$$

Tanlanmaning statistik taqsimoti deb variantalar va ularga mos chastotalar yoki nisbiy chastotalar ro‘yxatiga aytiladi.

Variatsiya chegarasi (qulochi) (R) - variatsion qatorning ekstremal qiymatlari farqiga aytiladi:

$$R = X_{\max} - X_{\min} \quad (3.16)$$

O‘rtacha chiziqli farq (ρ):

$$\rho = \frac{\sum |X - \bar{X}|}{n} \quad (3.17)$$

$$\rho = \frac{\sum |X - \bar{X}| \cdot m}{\sum m} \quad (3.18)$$

Dispersiya (σ^2) - variantlarning arifmetik o‘rtachadan farqlarining o‘rtacha kvadrati.

$$\sigma^2 = \frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n} \quad (3.19)$$

$$\sigma^2 = \frac{\sum (X - \bar{X})^2 \cdot m}{\sum m} \quad (3.20)$$

O‘rtacha kvadratlik farq (σ) - belgining o‘zgarishini ifodalaydi va quyidagicha hisoblanadi:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n}} \quad (3.21)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2 \cdot m}{\sum m}} \quad (3.22)$$

Variatsiya koeffitsienti (V) - nisbiy ko‘rsatkich bo‘lib, belgining o‘zgarishini ifodalaydi va foizlarda ifodalanadi:

$$V_R = \frac{R}{\bar{X}} \cdot 100\% \quad \text{- variatsiya chegarasi bo‘yicha variatsiya koeffitsienti,}$$

ossillyatsiya koeffitsienti.

$$V_\rho = \frac{\rho}{\bar{X}} \cdot 100\% \quad \text{- o‘rtacha chiziq farq bo‘yicha variatsiya koeffitsienti.}$$

$$V_\sigma = \frac{\sigma}{\bar{X}} \cdot 100\% \quad \text{- kvadrat farq bo‘yicha variatsiya koeffitsienti.}$$

Moda M_0 deb eng katta chastotaga ega bo‘lgan variantga aytiladi.

Masalan, ushbu

variant	1	4	7	9
chastota	5	1	20	6
	45			

qator uchun moda 7 ga teng.

Mediana M_e deb variatsion qatorni variantalar soni teng bo'lgan ikki qismga ajratadigan variantaga aytiladi. Agar variantalar soni toq, ya'ni $n=2k+1$, bo'lsa, u holda $M_e = X_{k+1}$; n juft, ya'ni $n=2k$ da mediana:

$$M_e = \frac{X_k + X_{k+1}}{2} \quad (3.23)$$

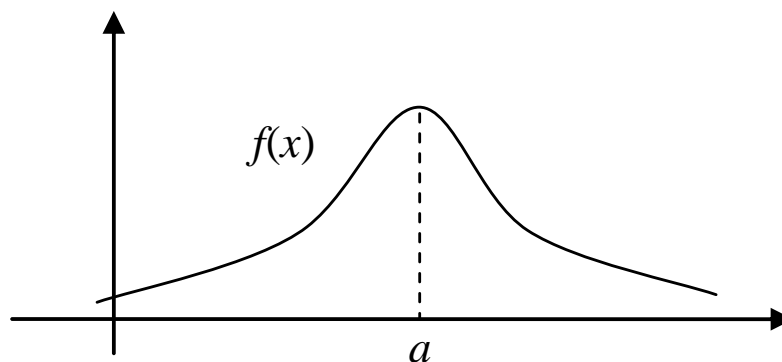
Ko'pgina iqtisodiy ko'rsatkichlar taqsimotning normal yoki normal holatiga yaqin. Masalan, aholi daromadlari, sohadagi firmalarning foydasi, iste'mol hajmi va boshqalar normal taqsimotga ega.

Normal taqsimot qonuni (Gauss qonuni) bu amaliyotda eng keng tarqalgan taqsimot qonuni bo'lib, u jarayonlar va tizimlarning asosiy xarakteristikalarining tasodifiy buzilishlarini va og'ishlarini, o'lchov xatolarini va boshqalarni tavsiflaydi.

Normal taqsimot deb (3.1.- rasm) differentsial funksiya bilan tavsiflanadigan uzluksiz tasodifiy miqdor taqsimotiga aytiladi (a - normal taqsimotning matematik kutilishi, σ - o'rtacha kvadratik chetlanishi)

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}} \quad (3.24)$$

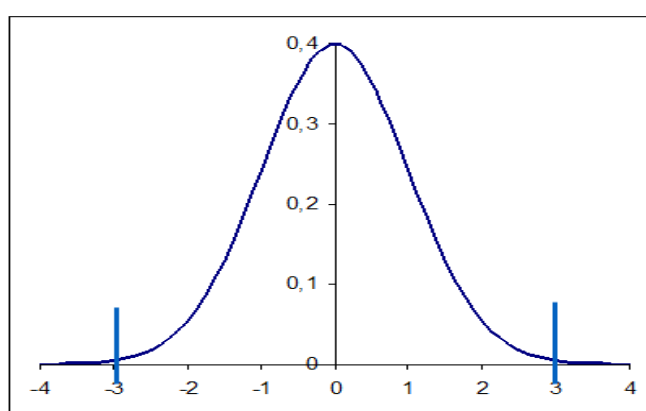
$$F(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}} dx \quad (3.25)$$



3.1.-rasm. Normal taqsimot grafigi

«Uchta sigma» (3.2.-rasm) qoidasida shunday deyilgan: agar tasodifiy o'zgaruvchining normal taqsimoti bo'lsa, u holda uning matematik kutilishdan chetlanishining absolyut qiymati 0,9973 ehtimollik bilan standart chetlanishining uch baravaridan oshmaydi.

Agar tasodifiy o'zgaruvchining taqsimoti qonuni noma'lum bo'lsa va faqat matematik kutilishi va standart chetlanishi ma'lum bo'lsa, amalda $a \pm 3\sigma$ segment odatda tasodifiy o'zgaruvchining amaldagi mumkin bo'lgan qiymatlari bo'limi sifatida qaraladi.



3.2.-rasm. «Uchta sigma» qoidasi

Nazariy taqsimot asimmetriyasi deb uchinchi tartibli markaziy momentning o'rta kvadratik chetlanish kubi nisbatiga aytiladi:

$$A_s = \frac{\mu_3}{\sigma^3} \quad (3.26)$$

Nazariy taqsimot ekstsessi deb

$$E_k = \frac{\mu_4}{\sigma^4} - 3 \quad (3.27)$$

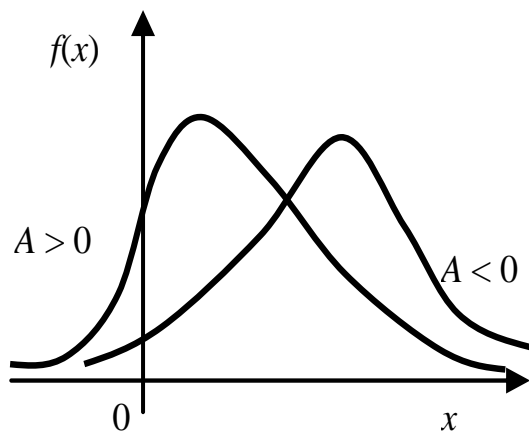
tenglik bilan aniqladigan xarakteristikaga aytiladi.

Agar ekstses musbat bo'lsa, u holda egri chiziq normal egri chiziqqa qaraganda balandroq va «o'tkirroq» uchga ega bo'ladi, agar ekstsess manfiy bo'lsa, u holda taqqoslanayotgan egri chiziq normal egri chiziqqa qaraganda pastroq va «yassiroq» uchga ega bo'ladi.

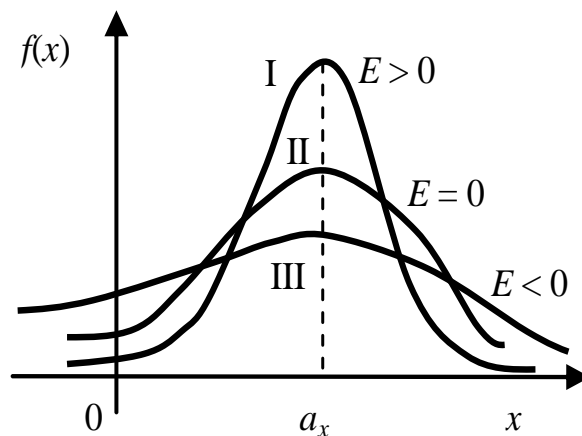
3.3-rasmda ikkita taqsimot egri chizig'i ko'rsatilgan. Ulardan biri musbat

(o'ng tomonlama) asimmetriyaga ega ($A > 0$), ikkinchisi egri chizig'i - manfiy (chap tomonli) ($A < 0$).

3.4-rasmda odatdagidan yuqori cho'qqilarga ega bo'lgan egri chiziqlar musbat ekstsessiga, ko'proq tekis tepaliklar manfiy ekstsessiga ega.



3.3.-rasm. Nazariy taqsimot asimmetriyasi



3.4.-rasm. Nazariy taqsimot ekstsessi

Nazorat uchun savollar

1. Tasodifiy miqdorlarning qanday turlarini bilasiz?
2. Tanlama deganda nimani tushunasiz?
3. Diskret va uzluksiz tasodifiy miqdorlarga misol keltiring?
4. Tasodifiy miqdorning asosiy statistik xarakteristikalarini aytib bering?
5. Dispersiya nimani ko'rsatadi?
6. Kovariatsiya koeffitsienti qanday hisoblanadi?
7. Ekstsessning musbatligi yoki manfiyligi nimalarni bildiradi?
8. Moda va mediana nima uchun hisoblanadi?
9. Nazariy taqsimot asimmetriyasi deganda nimani tushunasiz?
10. «Uchta sigma» qoidasi nimalarni bildiradi?

4-BOB. JUFT KORRELYATSION-REGRESSION TAHLIL

4.1. Iqtisodiy-ijtimoiy jarayonlarda bog‘likliklar turlarini o‘rganish.

4.2. Korrelyatsiya koeffitsientining turlari va hisoblash usullari.

4.3. Chiziqli va chiziqsiz regression bog‘lanishlar.

4.4. Korrelyatsion-regression tahlilda eng kichik kvadratlar usulining qo‘llanilishi.

4.1. Iqtisodiy-ijtimoiy jarayonlarda bog‘likliklar turlarini o‘rganish

Ijtimoiy-iqtisodiy jarayonlar o‘rtasidagi o‘zaro bog‘lanishlarni o‘rganish ekonometrika fanining muhim vazifalaridan biridir.

Bu jarayonda ikki xil belgilar yoki ko‘rsatkichlar ishtirok etadi, biri bog‘liq bo‘lmagan o‘zgaruvchilar, ikkinchisi bog‘liq o‘zgaruvchilar hisoblanadi.

Birinchi turdagi belgilar boshqalariga ta‘sir etadi, ularning o‘zgarishiga sababchi bo‘ladi. shuning uchun ular omil belgilar deb yuritiladi, ikkinchi toifadagilar esa natijaviy belgilar deyiladi.

Masalan, iste‘molchining daromadi ortib borishi natijasida uning tovar va xizmatlarga bo‘lgan talabi oshadi. Bu bog‘lanishda talabning ortishi natijaviy belgi, unga ta‘sir etuvchi omil, ya‘ni daromad esa omil belgidir.

Omillarning har bir qiymatiga turli sharoitlarida natijaviy belgining har xil qiymatlari mos keladigan bog‘lanish korrelyatsion bog‘lanish yoki munosabat deyiladi.

Korrelyatsion bog‘lanishning xarakterli xususiyati shundan iboratki, bunda omillarning to‘liq soni noma‘lumdir. Shuning uchun bunday bog‘lanishlar to‘liqsiz hisoblanadi va ularni formulalar orqali taqriban ifodalash mumkin, xolos.

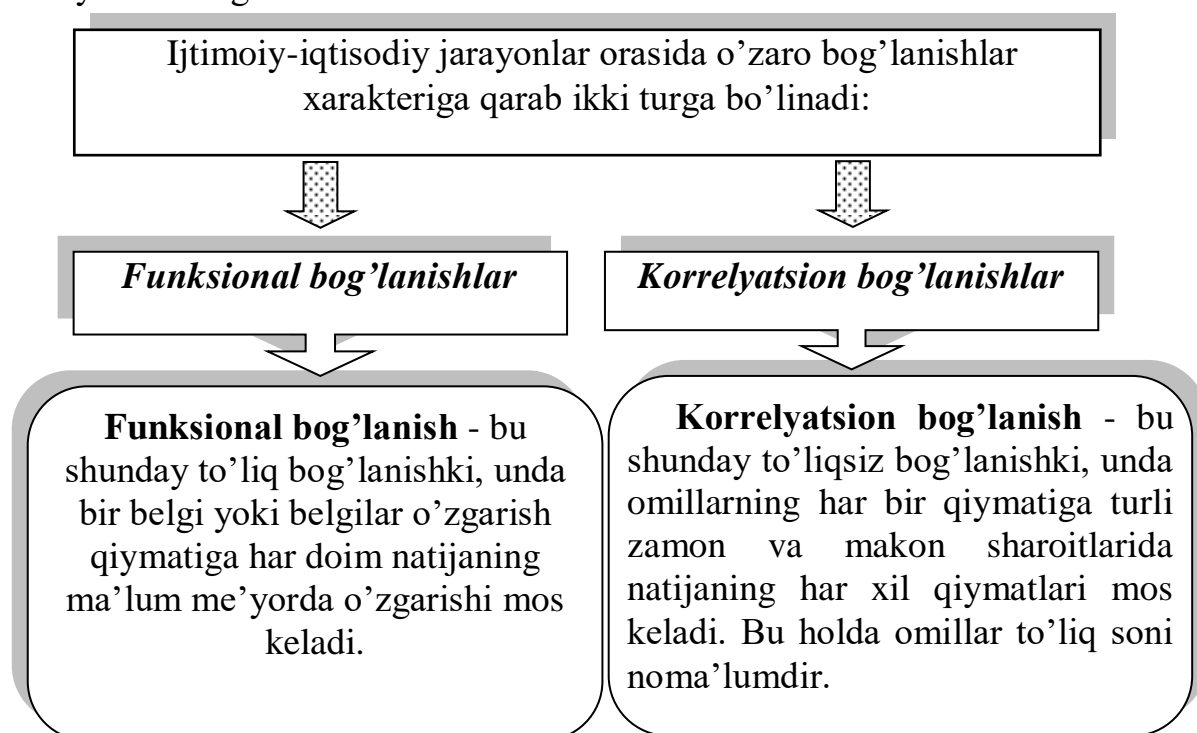
Korrelyatsiya so‘zi lotincha *correlation* so‘zidan olingan bo‘lib, o‘zaro munosabat, muvofiqlik, bog‘liqlik degan ma‘noga ega.

Ikki hodisa yoki omil va natijaviy belgilar orasidagi bog‘lanish **juft korrelyatsiya** deb ataladi.

Korrelyatsion bog'lanishlarni o'rganishda ikki toifadagi masalalar ko'ndalang bo'ladi. Ulardan biri o'rganilayotgan hodisalar (belgilar) orasida qanchalik zich (ya'ni kuchli yoki kuchsiz) bog'lanish mavjudligini baholashdan iborat. Bu korrelyatsion tahlil deb ataluvchi usulning vazifasi hisoblanadi.

Korrelyatsion tahlil deb hodisalar orasidagi bog'lanish zichlik darajasini baholashga aytiladi.

Omillarning o'zaro bog'lanishi 2 turga bo'linadi: funktsional bog'lanish va korrelyatsion bog'lanish.



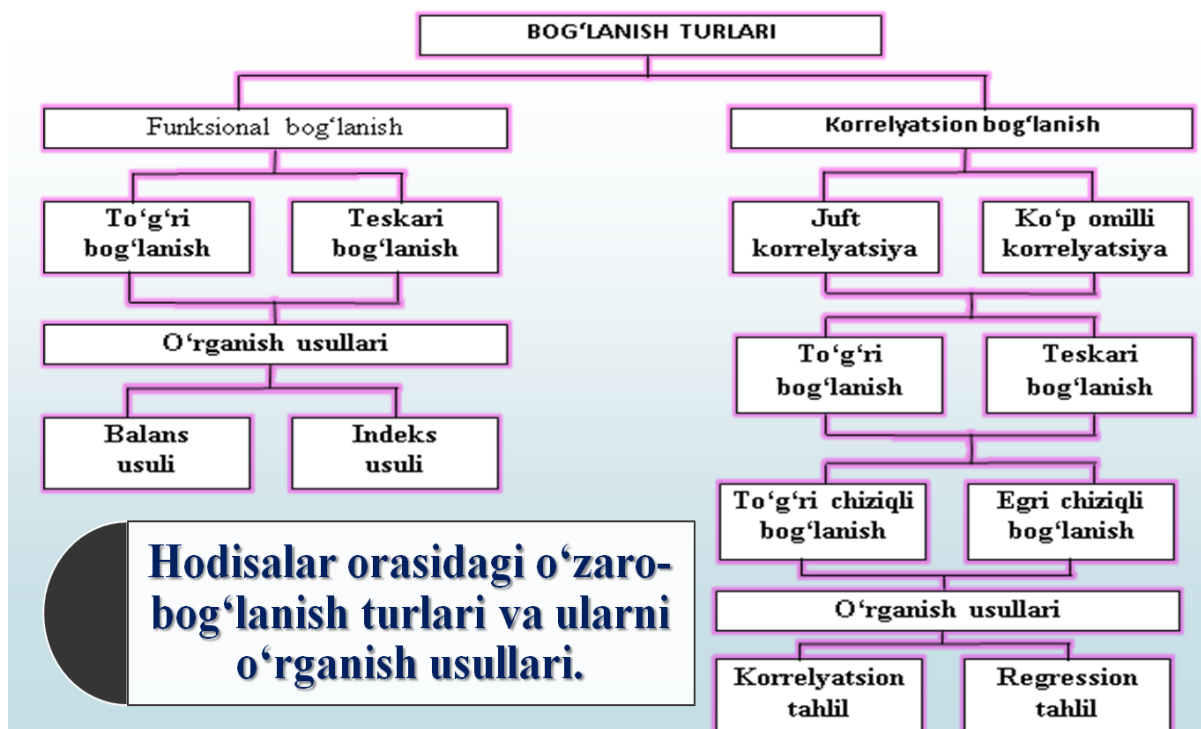
4.1.-rasm. Bog'lanish turlari⁸

Yo'nalishlarning o'zgarishiga qarab, bog'lanishlar ikki turga bo'linadi: to'g'ri bog'lanish va teskari bog'lanishlar.

Analitik ifodalarning ko'rinishlariga qarab ham bog'lanishlar ikki turga bo'linadi: to'g'ri chizikli va chiziksiz bog'lanishlar.

Fuktsional bog'lanishlarda bir o'zgaruvchi belgining har qaysi qiymatiga boshqa o'zgaruvchi belgining anik bitta qiymati mos keladi.

⁸ <http://institutiones.com/download/books/1798-ekonometrika-orexov-uchebnoe-posobie.html>



4.2.-rasm. Korrelyatsion bog'lanish turlari

4.2. Korrelyatsiya koeffitsientining turlari va hisoblash usullari

Korrelyatsion tahlil korrelyatsiya koeffitsientlarini aniqlash va ularning muhimligini, ishonchliligini baholashga asoslanadi.⁹

Chiziqli korrelyatsiya koeffitsientining hisoblash formulasi:

$$r_{yx} = \frac{\overline{yx} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\sigma_x \cdot \sigma_y} \quad (4.1)$$

bu yerda, σ_x va σ_y mos ravishda x va y o'zgaruvchilarning o'rtacha kvadratik chetlanishidir va ular quyidagi formulalar yordamida hisoblanadi:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}, \quad \sigma_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n}} \quad (4.2)$$

yoki

$$r_{yx} = \frac{\text{cov}(x, y)}{\sigma_x \cdot \sigma_y} = \frac{\frac{1}{n} \sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sigma_x \cdot \sigma_y} \quad (4.3)$$

⁹Gujarati D.N. Basic Econometrics. McGraw-Hill, 4th edition, 2003 (Gu), Inc.p. 90

Korrelyatsiya koeffitsienti (r) -1 dan $+1$ oralig'ida bo'ladi. Agar $r=0$ bo'lsa omillar o'rtasida bog'lanish mavjud emas, $0 < r < 1$ bo'lsa, to'g'ri bog'lanish mavjud $-1 < r < 0$ - teskari bog'lanish mavjud $r = 1$ funksional bog'lanish mavjud.

Bog'lanish zichlik darajasi odatda quyidagicha talqin etiladi. Agar

0,2 gacha – kuchsiz bog'lanish;

0,2 ÷ 0,4 – o'rtacha zichlikdan kuchsizroq bog'lanish;

0,4 ÷ 0,6 – o'rtacha bog'lanish;

0,6 ÷ 0,8 – o'rtachadan zichroq bog'lanish;

0,8 ÷ 0,99 – zich bog'lanish.

Korrelyatsion taxlil o'tkazilganda quyidagi korrelyatsiya koeffitsientlari hisoblanadi:

1. Xususiy korrelyatsiya koeffitsientlari. Xususiy korrelyatsiya koeffitsienti asosiy va unga ta'sir etuvchi omillar o'rtasidagi bog'lanish zichligini bildiradi.

2. Juft korrelyatsiya koeffitsientlari asosiy omil inobatga olinmagan nuqtada hisoblanadi. Agar juft korrelyatsiya koeffitsienti 0,6 dan katta bo'lsa, unda omillararo bog'lanish kuchli deb hisoblanadi va erkin omillar ma'lum darajada bir birini takrorlaydi. Agar modelda o'zaro bog'langan omillar qatnashsa, model yordamida qilingan hisoblar noto'g'ri chiqishi mumkin va omillar ta'siri ikki barovar hisoblanishi mumkin. O'zaro bog'langan ta'sir etuvchi omillardan bittasi modeldan chiqarib tashlanadi. Albatta modelda kuchliroq va mustahkamroq omil qoladi.

3. Ko'p omilli modellarda agar natijaviy omilga bir necha omillar ta'sir ko'rsatsa, unda omillar orasida ko'plikdagi korrelyatsiya koeffitsientlari hisoblanadi.

Chiziqsiz regressiya uchun o'rganilayotgan hodisalar o'rtasidagi bog'lanishlarning zichligi korrelyatsiya koeffitsienti bilan baholanadi ρ_{xy}

($0 \leq \rho_{xy} \leq 1$):

$$\rho_{yx} = \sqrt{1 - \frac{\sigma_{ocm}^2}{\sigma_y^2}} = \sqrt{1 - \frac{\sum (y - y_x)^2}{\sum (y - \bar{y})^2}}. \quad (4.4)$$

Natijaviy ko'rsatkichga ta'sir etuvchi omillarning umumiy ta'siri ko'plikdagi korrelyatsiya indeksi bilan baholanadi:

$$R_{yx_1x_2\dots x_p} = \sqrt{1 - \frac{\sigma_{y_{ocm}}^2}{\sigma_H^2}} \quad (4.5)$$

Ko'plikdagi korrelyatsiya indeksning qiymati 0 dan 1 gacha oraliqda o'zgaradiva maksimal juft korrelyatsiyasi indeksidan katta yoki teng bo'lishi kerak:

$$R_{yx_1x_2\dots x_p} \geq r_{yx_i} \quad (i = \overline{1, p}). \quad (4.6)$$

Chiziqli bog'lanish uchun ko'plikdagi korrelyatsiya koeffitsienti juft korrelyatsiya koeffitsientlar matritsasi orqali aniqlanishi mumkin:

$$R_{yx_1x_2\dots x_p} = \sqrt{1 - \frac{\Delta r}{\Delta r_{11}}}, \quad (4.7)$$

bu erda

$$\Delta r = \begin{vmatrix} 1 & r_{yx_1} & r_{yx_2} & \dots & r_{yx_p} \\ r_{yx_1} & 1 & r_{x_1x_2} & \dots & r_{x_1x_p} \\ r_{yx_2} & r_{yx_1} & 1 & \dots & r_{x_2x_p} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{yx_p} & r_{x_px_1} & r_{x_px_2} & \dots & 1 \end{vmatrix} \quad - \text{juft korrelyatsiya koeffitsientini aniqlash}$$

matritsasi.

Xususiyl korrelyatsiya koeffitsientlari y ga x_i omilning boshqa faktorlar o'zgarimas darajada bo'lganda ta'sirini o'lchaydi va quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$r_{yx_i \cdot x_1x_2 \dots x_{i-1}x_{i+1} \dots x_p} = \sqrt{1 - \frac{1 - R_{yx_i \cdot x_1x_2 \dots x_i \dots x_p}^2}{1 - R_{yx_i \cdot x_1x_2 \dots x_{i-1}x_{i+1} \dots x_p}^2}} \quad (4.8)$$

yoki quyidagi rekurrent formuladan foydalanib:

$$r_{y x_1 x_2 \dots x_p} = \frac{r_{y x_1 x_2 \dots x_{p-1}} - r_{y x_p x_1 x_2 \dots x_{p-1}} r_{x_p x_1 x_2 \dots x_{p-1}}}{\sqrt{(1 - r_{y x_1 x_2 \dots x_{p-1}}^2)(1 - r_{x_p x_1 x_2 \dots x_{p-1}}^2)}}. \quad (4.9)$$

Xususiy korrelyatsiya koeffitsientlari -1 dan 1 gacha oraliqda o'zgaradi.

Tuzilgan modelning umumiy sifatini determinatsiya koeffitsienti baholaydi. Ko'plikdagi determinatsiya koeffitsienti ko'plikdagi korrelyatsiya indeksining kvadratiga teng:

$$R^2_{y x_1 x_2 \dots x_p}$$

4.3. Chiziqli va chiziqsiz regression bog'lanishlar

Korrelyatsion tahlil bog'lanish zichligi xaqida tushuncha beradi lekin uning ko'rinishi (shakli) xaqida emas.

Regression tahlil bir yoki bir nechta omillarning natijaviy ko'rsatkichga ta'sirini tahlil qilish uchun qo'llaniladi.

Agar korrelyatsion tahlil asosida o'rganilayotgan xodisalar o'rtasidagi bog'liqliklar mustahkam (ya'ni etarlicha kuchli va statistik jihatdan ahamiyatli) bo'lsa, ularning matematik ifodasini regression model ko'rinishida topish va uning adekvatligini baholash maqsadga muvofiqdir.

Juft regressiyada analitik bog'lanish turini tanlash uchta usul orqali amalga oshirilishi mumkin:

- grafik (korrelyatsiya maydonini tahlil qilish asosida);
- analitik (o'rganilayotgan xodisalar o'rtasidagi munosabatni nazariy jihatdan o'rganish asosida);
- eksperimental (qo'llaniladigan sifat mezoni asosida eng yaxshi tanlovi bilan har xil turdagi bir nechta modellarni qurish).

O'rganilayotgan hodisani yoki ko'rsatkichlarni prognoz qilish uchun adekvat regression modelidan foydalanish mumkin.

Regression tahlil mavjud kuzatuvlar majmui uchun muvofiq approksimatsiya funksiyani tanlashdan iborat.

Approksimatsiya (lotin tilidan *approximo* –yaqinlashib) –bu empirik ma'lumotlarni funksiya ko'rinishidagi taxminiy ifodasidir.

Olingan funktsional bog'lanish *regressiya tenglamasi* yoki *regressiya* deb ataladi.

Ehtimollar nazariyasi va matematik statistikada odatda **regressiya** deb (y) ko'rsatkichning o'rtacha qiymati boshqa bir miqdorga yoki bir necha miqdorlar (x_i) larga bog'liqligi ataladi.

Juft regressiya- bu y o'zgaruvchining o'rtacha qiymatibir erkli o'zgaruvchi x ga bog'liqligini ifodalaydigan model

$$y = f(x) \quad (4.10)$$

bu yerda y - bog'liq o'zgaruvchi (natijaviy ko'rsatkich);

x –bog'liq bo'lmagan o'zgaruvchi (belgi–omili).

Juft regressiya o'zgaradi, agar dominant omil bo'lsa o'zgaruvchining katta qismini keltirib chiqaradigan, bu regressiya qo'llaniladi.

Ko'p omilli regressiya –bu bog'liq o'zgaruvchi y ning o'rtacha qiymatining bir necha erkli x_1, x_2, \dots, x_p , o'zgaruvchilarga bog'liqligini ifoda etgan modeldir.

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_p) \quad (4.11)$$

Ko'p omilli regressiya natijaviy omilga ta'sir etuvchi omillardan bitta dominant omil bilan ajralib turilmasligi va bir nechta omillarning bir vaqtda ta'siri hisobga olinishi zarur vaziyatda qo'llaniladi.

(4.1) regressiya tenglamasi yordamida y va x (bog'lanish modeli) o'zgaruvchilar qiymatlari o'rtasidagi munosabatlar quyidagi tarzda yozish mumkin:

$$y = f(x) + \varepsilon, \quad (4.12)$$

bu yerda birinchi atama $f(x)$, u regressiya tenglamasi (4.1) bilan izohlanadigan y qiymatining bir qismi sifatida talqin qilinishi mumkin, ikkinchisi

ε esa y qiymatining aniqlanmagan qismi sifatida ifodalash mumkin. Bu qismlar orasidagi munosabatlar regressiya tenglamasining sifatini, x va y o'zgaruvchilari o'rtasidagi bog'liqlikni ko'rsatish qobiliyatini xarakterlaydi. Regressiya tenglamasini tuzishda, ε xato deb qaraladi, bu ba'zi taxminlarga javob beradigan tasodifiy miqdordir.

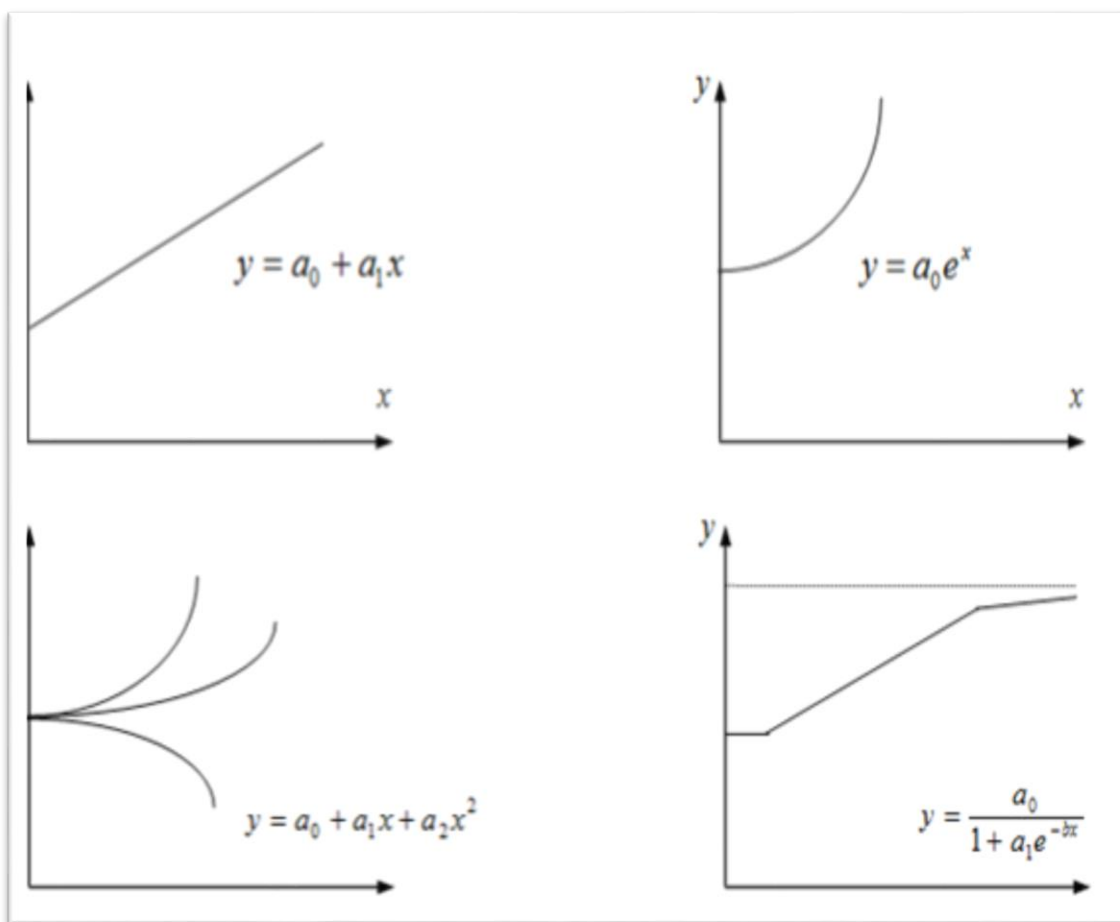
ε komponentaning mavjudligi y o'zgaruvchiga qo'shimcha ta'sir etuvchi omillar borligi, $f(x)$ funksional bog'liqlikning noto'g'ri shakli, o'lchov xatosi va dastlabki ma'lumotlarning tanlangan xarakteri kabi omillar bilan bog'liq.

Analitik bog'liqlik turiga qarab, chiziqli va chiziqsiz regressiyalar bo'linadi. Chiziqli juft regressiya quyidagi tenglama bilan tavsiflanadi:

$$y = a_0 + a_1x \quad (4.13)$$

Ijtimoiy-iqtisodiy jarayonlar o'rtasida bog'lanishlarni o'rganishda quyidagi chiziqsiz funksiyalar bilan foydalaniladi:

Ikkinchi darajali parabola –	$y = a_0 + a_1x + a_2x^2$
Uchinchi darajali parabola –	$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3$
n-darajali parabola –	$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_nx^n$
Giperbola –	$y = a_0 + \frac{a_1}{x}$
b- darajali giperbola –	$y = a_0 + \frac{a_1}{x^b}$
Logarifmik –	$\log y = a_0 + a_1x$
Yarim logarifmik –	$y = a_0 + a_1 \ln x$
Ko'rsatkichli funktsiya –	$y = a_0 a_1^x$
Darajali funktsiya –	$y = a_0 x_1^{a_1}$
Logistik funktsiya –	$y = \frac{a_0}{1 + a_1 e^{-bx}}$



4.3.-rasm.Chiziqli va chiziqsiz regression bog‘lanishlar

Masala: berilgan ma’lumotlar n kuzatuvlar soni va ikkita x va y o‘zgaruvchi ko‘rsatkichlarning $\{(x_i, y_i), i=1,2,\dots,n\}$ asosida kuzatuv ma’lumotlarini eng maqbul yul bilan ta’riflaydigan $\hat{y} = f(x)$ analitik bog‘liqlikni aniqlash kerak.

Kuzatuv natijalarini jadval shaklida ko‘rish qulaydir

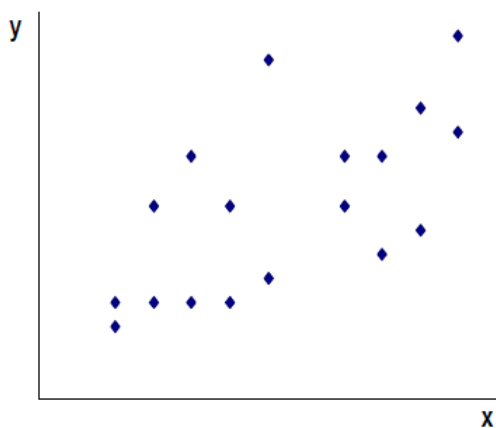
kuzatuv ma’lumotlari

	X	y
1	x_1	y_1
2	x_2	y_2
...
N	x_n	y_n

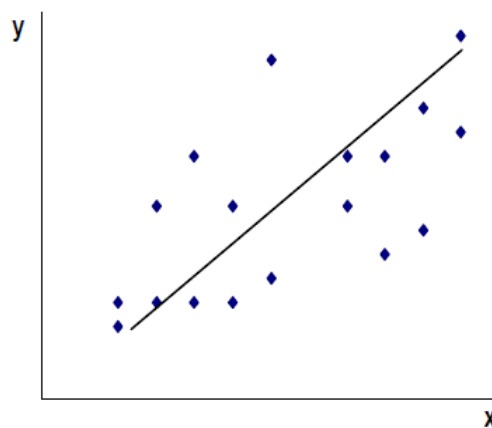
Xar bir qator faqatgina bita kuzatuv natijasini o‘z ichigi oladi (x_i, y_i) .

Kuzatuv ma’lumotlarni eng yaxshi yul bilan ta’riflaydigan $y = f(x)$ bog‘lilik tushunchasini izohlaymiz. Har bir qatordagi (x_i, y_i) ning ma’nosini

koordinata nuqtalarida (x_i, y_i) ko‘rish mumkin. Barcha nuqtalarning yig‘indisi, korrelyatsiya maydonida joylashgan (4.4,4.5.-rasm).



4.4.-rasm. Korrelyatsiya maydoni



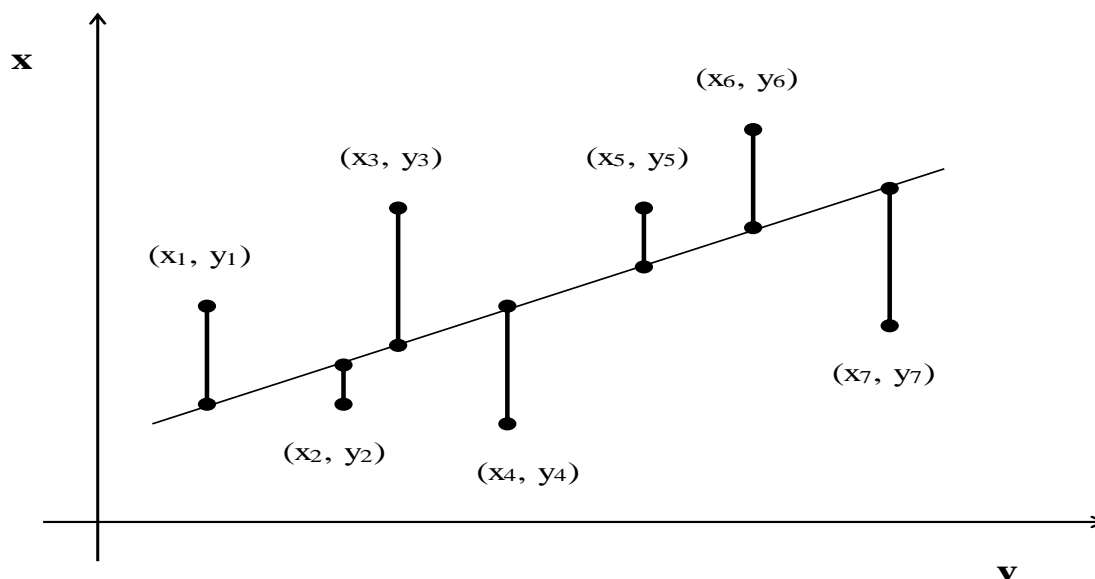
4.5.- Rasm. Eng yaxshi chiziqli regressiya

Tekislikda $y = f(x)$ bog‘liqqa muayyan egri chizig‘i to‘g‘ri keladi. Qanchalik egri chiziq korrelyatsiya maydonidagi nuqtalarga yaqin bo‘lsa shuncha $y = f(x)$ bog‘liqligi manba ma’lumotlarni tasvirlaydi.

4.4. Korrelyatsion-regression tahlilda eng kichik kvadratlar usulining qo‘llanilishi.

Funksiyalar parametrlari odatda “**eng kichik kvadratlar**” usuli bilan aniklanadi. Eng kichik kvadratlar usulini mazmuni quyidagicha: xaqiqiy miqdorlarning tekislangan miqdorlardan farqining kvadratlari yigindisi eng kam bo‘lishi zarur (4.6-rasm):

$$\sum (y - y_x)^2 \rightarrow \min \quad (4.14)$$



4.6-rasm. Eng kichik kvadratlar usulining grafikli ko‘rinishi

Bir omilli chiziqli bog‘lanishni olaylik:

$$y_x = a_0 + a_1 x \quad (4.15)$$

Qiymat $\sum (y - y_x)^2$ eng kam bo‘lishi uchun birinchi darajali xosilalar nolga teng bo‘lishi kerak:

$$S = \sum (y - y_x)^2 = \sum (y - a_0 - a_1 x)^2 \rightarrow \min \quad (4.16)$$

$$\frac{\partial S}{\partial a_0} = 0 \quad \frac{\partial S}{\partial a_1} = 0 \quad (4.17)$$

$$\frac{\partial S}{\partial a_0} = -2 \sum (y - a_0 - a_1 x) = 0$$

$$\frac{\partial S}{\partial a_1} = -2 a_1 \sum (y - a_0 - a_1 x) = 0 \quad (4.18)$$

Bir necha o‘zgarishlardan so‘ng eng kichik kvadratlar usulining normal tenglamalar tizimi hosil bo‘ladi.

$$\begin{cases} n \cdot a_0 + a_1 \sum x = \sum y \\ a_0 \sum x + a_1 \sum x^2 = \sum y \cdot x \end{cases} \quad (4.19)$$

Qo‘yidagi ifoda bilan foydalanib

$$n\bar{x} = \sum x, \quad n\bar{y} = \sum y, \quad n\bar{x}^2 = \sum x^2, \quad n\bar{xy} = \sum xy, \quad (4.19) \text{ dan olamiz}$$

$$\begin{cases} a_0 + a_1 \bar{x} = \bar{y} \\ a_0 \bar{x} + a_1 \bar{x}^2 = \overline{xy} \end{cases} \quad (4.20)$$

Yuqoridan a_0 va a_1 parametrlar quyidagi formulalar bilan aniqlanadi:

$$a_0 = \bar{y} - a_1 \bar{x} \quad a_1 = \frac{\overline{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\bar{x}^2 - \bar{x}^2} \quad (4.21)$$

b parametrni quyidagi formula bilan tasvirlash mumkin

$$b = \frac{\text{cov}(x, y)}{\sigma_x^2} = \frac{\frac{1}{n} \sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sigma_x^2} \quad (4.22)$$

Chiziqli regressiyaning parametrlar sharxini ko'rib chiqamiz.

Omili o'zgaruvchi b koeffitsienti, u x omilibir birlikga o'zgarsa y ning o'rtacha xisobda qanchalarga o'zgarishini ko'rsatadi.

Misol uchun tassavur qilaymizki, xarajat bilan ishlab chiqarilgan mahsulot hajmi o'rtasida bog'liqligi quyidagini tashkil etsa

$$y = 35000 + 0,58x$$

U xolda, ishlab chiqarish xajmini 1 birlikga oshirish uchun bizdan 580 so'm qo'shimcha xarajatni talab etadi.

(4.7) tenglamaning a ozod a'zosiga to'g'ri kelsa, qachonki x o'zgaruvchi vaqtni bildirsa shunda a tenglamaning boshlang'ich vaqtini anglatadi. Boshqa paytlarda esa a iqtisodiy ta'riflanmaydi.

Nazorat uchun savollar

1. Korrelyatsion-regressiontahlilning maqsadlari nimalardan iborat?
2. Juft, xususiy va ko'plikdagi korrelyatsiya koeffitsientlarining farqi nimadan iborat?
3. Qaysi hollarda korrelyatsiya indeksi qo'llaniladi?
4. Regressiya koeffitsientlarining iqtisodiy mohiyati nimadan iborat?
5. "Eng kichik kvadratlar usuli" ning mohiyatini tushuntirib bering.
6. Normal tenglamasini echish usullarini tushuntirib bering.
7. Real iqtisodiy jarayonlar bo'yicha turli xildagi bog'lanishlarga 10 ta misol tuzing.

5-BOB. CHIZIQSIZ REGRESSIYA

5.1. Chiziqsiz regressiya modellari.

5.2. Chizikli bo'lmagan bog'liqliklar uchun korrelyasiya

Oldingi mavzularda ko'rib chiqilgan chizikli regressiya modellari o'zgaruvchilar bo'yicha chizikli (o'zgaruvchilar birinchi darajaga modelga kiritilgan) va parametrlari bo'yicha chizikli (parametrlar o'zgaruvchilar koeffitsienti sifatida qatnashadi) xususiyatiga ega. Biroq, barcha iqtisodiy bog'liqliklar chizikli funktsiyalar bilan ifodalanishi yoki etarli darajada taqqoslanishi mumkin emas.

Ko'pgina iqtisodiy bog'liqliklar tabiatan chizikli emas, shuning uchun ularni o'rganish uchun chizikli modellardan foydalanish etarli bo'lmagan natijalarga olib kelishi mumkin. Masalan, talabning narxga bog'liqligini o'rganayotganda ko'pincha logarifmik modellardan foydalaniladi, chiqimdagi xarajatlarni tahlil qilishda polinom (kubik) model eng maqbul bo'ladi va ishlab chiqarish funktsiyalarini ko'rib chiqishda odatda darajali modellari qo'llaniladi.

Keling, chizikli modellarga keltirish mumkin bo'lgan ba'zi (ko'pincha amaliyotda ishlatiladigan) chizikli bo'lmagan modellarni ko'rib chiqamiz. Chizikli bo'lmagan modelni chizikli modelga keltirish uchun, odatda o'zgaruvchilarning ba'zi bir transformatsiyalaridan foydalangan holda, chizikli bo'lmagan model o'zgartirilgan o'zgaruvchilar o'rtasidagi chizikli munosabatlar sifatida ifodalanadi, bu munosabat koeffitsientlari baholanadi va keyin teskari konvertatsiya yordamida asl chizikli bo'lmagan model parametrlarining baxolari topiladi.

Lekin, har bir chizikli bo'lmagan modelni shunday baholash mumkin emas; ba'zi hollarda modelni chizikli mos keladigan o'zgartirishni topish mumkin emas. Bunday holda siz chizikli bo'lmagan optimallashtirish usullaridan foydalanishingiz kerak.

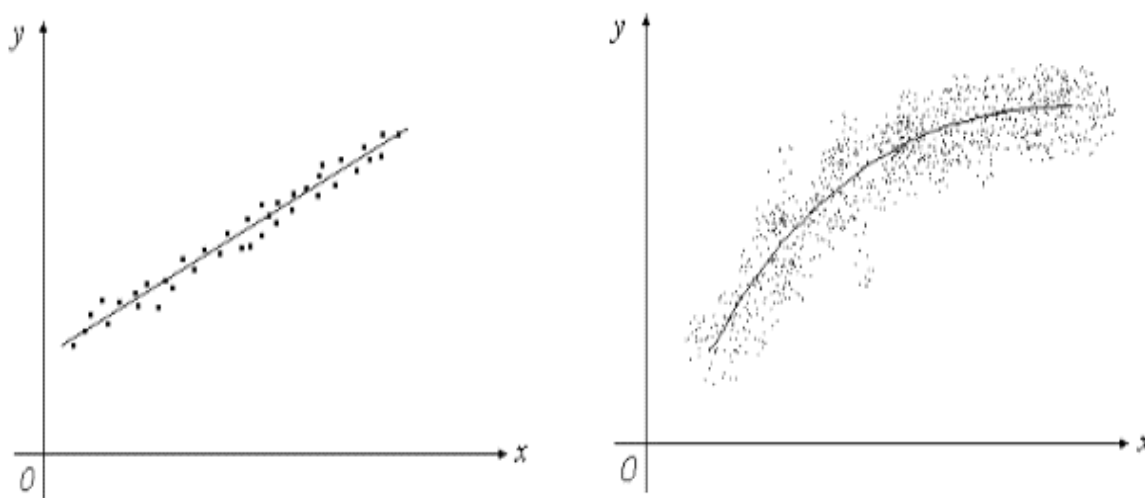
Chizikli bo'lmagan modellar haqida gapirganda, ko'pincha o'zgaruvchilar bo'yicha chizikli bo'lmagan modellarni (lekin parametrlarga nisbatan chizikli) va baxolanuvchi parametrlarda chizikli bo'lmagan modellarni ajratib turadi.

Tushuntiruvchi o'zgaruvchilarda chiziqli bo'lmagan, baxolanuvchi parametrlarda chiziqli bo'lmagan modellarni baholash qiyin emas: bu holda odatda OLS (eng kichik kvadrat usuli) yordamida parametrlarni chiziqli holatga keltirish va parametrlarni baholash uchun o'zgaruvchilar o'zgarishi qo'llaniladi.

Shunday qilib, quyidagi chiziqli va chiziqli bo'lmagan regressiyalardan foydalaniladi (5.1-rasm):

Chiziqli regressiya:

$$y = a + bx + \varepsilon$$



5.1.-rasm. chiziqli va chiziqli bo'lmagan regressiya¹⁰

Agar iqtisodiy hodisalar o'rtasida chiziqli bo'lmagan munosabatlar mavjud bo'lsa, unda ular tegishli chiziqli bo'lmagan funktsiyalar yordamida ifodalanadi: masalan, giperbola, ikkinchi darajali parabola va boshqalar.

Yuqorida ta'kidlab o'tilganidek, chiziqli bo'lmagan regressiyalar ikki sinfga bo'linadi: tahlilga kiritilgan tushuntirish o'zgaruvchilariga nisbatan chiziqli bo'lmagan, ammo baxolanuvchi parametrlarda chiziqli va baxolanuvchi qilingan parametrlarda chiziqli bo'lmagan regressiyalar.

Tushuntiruvchi o'zgaruvchilardagi chiziqli bo'lmagan regressiyalar:

¹⁰ Елисеєва. И.И., Курышева С.В. и др. Эконометрика: Учебник. - М.: Финансы и статистика, 2007.

- turli darajadagi polinomlar $y = a + b_1x + b_1x^2 + b_3x^3 + \varepsilon$
- giperbola $y = a + \frac{x}{b} + \varepsilon$

Parametrlari bo'yicha chiziqli bo'lmagan regressiyalar:

- darajali - $y = a \cdot x^b \cdot \varepsilon$;
- ko'rsatkichli - $y = a \cdot b^x \cdot \varepsilon$;
- eksponentsial - $y = e^{a+bx} \cdot \varepsilon$;
- logarifmik - $y = a_0 + a_1x + a_2 \lg X + \varepsilon$.

5.2. Chiziqli bo'lmagan bog'liqliklar uchun korrelyatsiya

Chiziqli bo'lmagan korrelyatsiya sifatini korrelyatsiya indeksidan foydalanib baholash mumkin:

$$R = \sqrt{\left(1 - \frac{\sigma_{ocm}^2}{\sigma_y^2}\right)}$$

bu erda

σ_y^2 - natijaviy belgining umumiy dispersiyasi;

σ_{ocm}^2 - regressiya tenglamasi $\hat{y}_x = f(x)$ bilan aniqlangan qoldiq dispersiya.

Korrelyatsiya indeksini quyidagicha yozish mumkin:

$$R = \sqrt{1 - \frac{\sum (y - \hat{y}_x)^2}{\sum (y - \bar{y})^2}}$$

Bog'liklarning chiziqsiz shakllari uchun korrelyatsiya indeksi $[0; 1]$ ichida o'zgarib turadi. Uning qiymati kanchalik birga yaqinroq bo'lsa, o'rganilayotgan o'zgaruvchilar o'rtasidagi munosabatlar shunchalik mustahkam bo'ladi.

Agar korrelyatsiya indeksini kvadratga aylantirsak, natijada aniqlanadigan determinatsiya indeksi deyiladi:

$$R^2 = \frac{\sum (\hat{y}_x - \bar{y})^2}{\sum (y - \bar{y})^2}.$$

Determinatsiya indeksi, regressiya modeli bilan izohlangan y belgining dispersiyasi bo'lgan natijaviy belgining umumiy dispersiyasining qaysi ulushini ko'rsatadi.

Korrelyatsiya va determinatsiya indeklardan tashqari, elastiklik koeffitsientlari x va y o'zgaruvchilar o'rtasidagi bog'liqlikning zichligini baholashga imkon beradi.

Elastiklikning umumiy koeffitsienti omil belgisi 1% ga o'zgarganda y natijaviy ko'rsatkichni taxminan necha foiz o'zgarishini ko'rsatadi.

$$\bar{\varepsilon} = f'(x) \frac{\bar{x}}{\bar{y}}.$$

Umumlashtiruvchi (o'rtacha) va nuqtali elastiklik koeffitsientlari mavjud.

Elastiklikning umumlashtiruvchi koeffitsienti o'rtacha uchun hisoblab chiqiladi va o'rtacha darajasiga nisbatan x 1% ga o'sishi bilan o'rtacha foizga nisbatan necha foiz o'zgarishini ko'rsatadi.

Nuqtali elastiklik koeffitsienti ma'lum bir qiymat uchun hisoblanadi $x = x_0$ va x nuqta x_0 darajadan 1% ga oshganda y o'zgaruvchi $y(x_0)$ darajadan necha foiz o'zgarishini ko'rsatadi.

x va y o'rtasida o'zaro bog'liqlik turiga qarab elastiklik koeffitsientlarini hisoblash formulalari o'zgaradi. Asosiy formulalar 5.1-jadvalda keltirilgan.

Faqat darajali funktsiyalari ($y = a \cdot x^b$) uchun elastiklik koeffitsienti x qiymatdan doimiy mustaqil miqdorni o'zida aks ettiradi (bu holda b parametrغا teng). Shuning uchun ekonometrik tadqiqotlarda darajali funktsiyalari keng qo'llaniladi. Bunday funktsiyalardagi b parametr aniq iqtisodiy talqinga ega - bu omil 1% ga oshganda natijaning foiz o'zgarishini ko'rsatadi.

Elastiklik koeffitsientlarini hisoblash formulalari

Funktsiya turi, $y = f(x)$	Elastiklik koeffitsienti
Chizikli $y = b_0 + b_1 \cdot x$	$\mathfrak{E}(x_0) = \frac{b_1 \cdot x_0}{b_0 + b_1 \cdot x_0}$
Parabola $y = a + b \cdot x + c \cdot x_2$	$\mathfrak{E}(x_0) = \frac{(a + 2c + bx_0) \cdot x_0}{a + b \cdot x_0 + c \cdot x_0^2}$
Teng tomonli giperbola $y = a + b/x$	$\mathfrak{E}(x_0) = \frac{-b}{a \cdot x_0 + b}$
Darajali $y = a \cdot x^b$	$\mathfrak{E}(x_0) = b$
Ko'rsatkichli $y = a \cdot b^x$	$\mathfrak{E}(x_0) = x_0 \cdot \ln b$

Nazorat uchun savollar

1. Chizikli va chiziqsiz regressiyaning farqi nimada?
2. Chizikli bo'lmagan munosabatlar uchun korrelyatsiya qanday aniqlanadi?
3. Determinatsiya koeffitsienti qanday aniqlanadi?
4. Umumiy elastiklik koeffitsientining mohiyatini tushuntiring?
5. Barcha chizikli bo'lmagan regressiyalar qaysi ikki turga bo'linadi?
6. Darajali chiziqsiz regressiya uchun xos bo'lgan narsa?
7. Parametrlari bo'yicha chizikli bo'lmagan regressiyalar?
8. Agar korrelyatsiya indeksini kvadratga aylantirsak, natijada aniqlanadigan indeksi nima deb deyiladi?

6-BOB. KO‘P OMILLI EKONOMETRIK TAHLIL

6.1. Ko‘p omilli ekonometrik modellarni tuzish uslubiyoti.

6.2. Chizikli va chiziqsiz ko‘p omilli regression bog‘lanishlar.

6.3. Ko‘p omilli regressiya tenglamasi parametrlarini baholashda eng kichik kvadratlar usuli.

6.4. Ekonometrik model parametrlarining iqtisodiy tahlili va elastiklik koeffitsientlarini hisoblash.

6.1. Ko‘p omilli ekonometrik modellarni tuzish uslubiyoti

Ko‘plik korrelyatsiyasi tasodifiy ko‘rsatkichlar guruhi o‘rtasidagi bog‘lanishlarni o‘rganadi. Iqtisodiy tahlilda ko‘plik korrelyatsiya usulini qo‘llanilishi hisoblash texnikasi yaratilganidan so‘ng kengaydi va qisqa muddatda katta yutuqlarga erishildi, ham iqtisodiy, ham matematika fanlarini rivojlanishiga o‘z ulushini qo‘shdi.

Ko‘plik (ko‘p omilli) korrelyatsiya usuli murakkab jarayonlarni tahlil qilishning asosiy usullaridan biri hisoblanadi. Bu usul murakkab jarayonlarda ro‘y berayotgan alohida hodisalarni modellashtirish va bashorat qilish imkonini beradi.

Ko‘pomilli regressiya natijaviy belgiga ta‘sir etuvchi omillar majmuasidan bir dominant omilniajratib bo‘lmaydigan va bir necha omillarning ta‘sirini hisobga olish zarur hollarda natijaga olib keladigan xususiyatga ta‘sir qiluvchi qo‘llaniladi.

Masalan, mahsulot ishlab chiqarish hajmi asosiy va aylanma mablag‘lar miqdori, xodimlarning soni, boshqaruv darajasi va boshqalar bilan belgilanadi, talabning darajasi nafaqat narx bo‘yicha, balki aholida mavjud bo‘lgan pulga bog‘liq.

Ko‘pomilli regressiyalarning asosiy maqsadi –ko‘plab omillarni o‘z ichiga olgan modelni yaratish, ularning har birining ta‘sirini alohida belgilash, shuningdek modellashtirilgan ko‘rsatkichga ularning umumiy ta‘sirini aniqlashdir.

Ko'p omilli korrelyatsiya usulidan foydalanish quyidagi tartibda amalga oshiriladi.

1. Kuzatishlar asosida to'plangan katta miqdordagi dastlabki ma'lumotlarni qayta ishlash asosida bir argumentning o'zgarishida funksiya qiymatini o'zgarishini qolgan argumentlar qiymati belgilangan sharoitda aniqlanadi.

2. Qiziqtirayotgan bog'lanishga boshqa omillarni ta'sirini (o'zgartirish) darajasi aniqlanadi.

Korrelyatsiya tahlili usullarini qo'llayotgan izlanuvchilar oldida turadigan asosiy muammolar bo'lib quyidagilar hisoblanadi:

- funktsiyako'rinishini (turini) aniqlash;
- omillar-argumentlarni ajratish;
- jarayonlarni to'g'ri baholash uchun zarur bo'lgan kuzatishlar sonini aniqlash.

Funksiyaning ko'rinishini tanlashning qandaydir aniq ishlab chiqilgan uslubiy ko'rsatmalari bo'lamasa ham, har bir izlanuvchi bu muammoni turlicha hal qiladi.

Matematika fani berilgan qiymatning har qanday sohasi uchun cheklanmagan miqdorda funksiyalarni keltirishi mumkinligini hisobga olib, ko'p izlanuvchilar funksiya ko'rinishini tanlash inson imkoniyatlari chegarasidan tashqarida deb hisoblashadi. Shuning uchun funksiya ko'rinishini sof empirik asosda tanlash zarur va keyinchalik uni o'rganilayotgan jarayonga to'g'ri kelishi (adekvatligi) tekshiriladi va qabul qilish yoki qilmaslik haqida qaror qabul qilinadi.

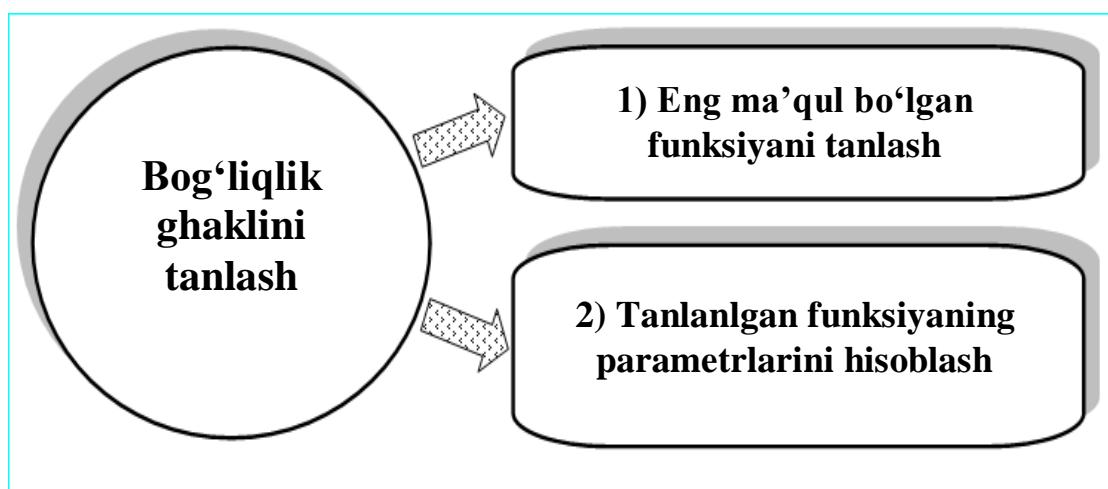
Omillar o'rtasida bog'lanish shaklini tanlashning uchta usuli mavjud:

- empirik usul;
- oldingi tadqiqotlar tajribasi usuli;
- mantiqiy tahlil usuli.

Analitik funksiya turini regressiyaning empirik grafigi bo'yicha aniqlash mumkin. Lekin mazkur grafik usulni faqat juft bog'lanish hollarida hamda kuzatishlar soni nisbatan ko'p bo'lganda muvaffaqiyatli qo'llash mumkin.

Bog'liqlik shaklini tanlash usuli ikki bosqichda bajariladi (6.1.-rasm):

- 1) Eng ma'qul bo'lgan funktsiyani tanlaymiz.
- 2) Tanlangan funktsiyaning parametrlarini hisoblaymiz.



6.1.-rasm. Bog'liqlik shaklini tanlash sxemasi

6.2. Chiziqli va chiziqsiz ko'p omilli regression bog'lanishlar.

Ko'p omilli regressiya - bir nechta erkli o'zgaruvchilardan iborat bo'lgan tenglama:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_p),$$

bu yerda y - bog'liq bo'lgan o'zgaruvchi (natijaviy ko'rsatkich) hisoblanadi;

x_1, x_2, \dots, x_p - bog'liq bo'lmagan o'zgaruvchilar (omillar).

Juftlikdagi bog'liq bo'lgani kabi, ko'p omilli regressiya tenglamalarining **chiziqli va chiziqsiz** turlari mavjud. Parametrlarni aniq talqin qilish nuqtai nazaridan, chiziqli va darajali funktsiyalareng ko'p qo'llaniladi.

Chiziqli ko'p omilli regressiya tenglamada $y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_px_p$ parametrlari x_i "sof" regressiya koeffitsienti deyiladi. Ular ta'sir etuvchi omil birlikka o'zgarsa natijaviy ko'rsatkichning o'rtacha o'zgarishini boshqa omillarning qiymati o'zgarmagan holda tavsiflaydi.

Ko‘p omilli regressiya tenglamani yaratish uchun quyidagi funksiyalar ishlatiladi:

$$\text{Chiziqli} - y = a + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + \dots + b_p \cdot x_p + \varepsilon;$$

$$\text{darajali funksiya} - y = a \cdot x_1^{b_1} \cdot x_2^{b_2} \cdot \dots \cdot x_p^{b_p} \cdot \varepsilon;$$

$$\text{Ekspontenta} - y = e^{a+b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + \dots + b_p \cdot x_p + \varepsilon};$$

$$\text{Giperbola} - y = \frac{1}{a + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + \dots + b_p \cdot x_p + \varepsilon}.$$

Chiziqli ko‘rinishga keltiriladigan boshqa funksiyalardan ham foydalanish mumkin. Klassik chiziqli regressiya modelining (CLRM) tahminlaridan biri - bu regression modeliga kiritilgan regressorlar orasida multikollinearlik mavjud emas.

Multikollinearlik atamasi Ragnar Frish¹¹ bilan bog‘liq. Dastlab, bu regressiya modelining tavsiflovchi o‘zgaruvchilari bir qismi yoki barchasi o‘rtasidagi «mukammal» yoki undan to‘g‘ri, chiziqli bog‘lanishlar mavjudligini anglatadi.

x_1, x_2, \dots, x_k o‘zgaruvchilardan iborat bo‘lgan k -omili regressiya uchun aniq chiziqli bog‘lanish mavjud deb hisoblanadi, agar ko‘idagi shart bajarilsa:

$$\lambda_1 x_1 + \lambda_2 x_2 + \dots + \lambda_k x_k = 0 \quad (6.1)$$

Bu yerda $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_k$ o‘zgarmas son, shuning uchun ular bir vaqtning o‘zida 0 ga teng bo‘lmaydi.

Biroq hozirgi vaqtda (6.1) tenglamada ko‘rsatilgandek qat’iy multikollinearlik holatini ko‘rsatish uchun multikollinearlik tushunchasi yanada kengroq ma’nodagi qo‘llaniladi va bu bilan bir qatorda X o‘zgaruvchilari bir-biriga bog‘liq bo‘lsa-da, ammo quyida ko‘rsatilganidek, qat’iy ravishda emas:

$$\lambda_1 x_1 + \lambda_2 x_2 + \dots + \lambda_k x_k + v_i = 0 \quad (6.2)$$

Bu yerda v_i - tasodifiy vektor hatoligidir.

¹¹ Ragnar Frisch, *Statistical Confluence Analysis by Means of Complete Regression Systems*, Institute of Economics, Oslo University, publ. no. 5, 1934.

Qat'iy va undan kam multikollinearlik o'rtasidagi farqni ko'rish uchun, masalan $\lambda_2 \neq 0$ deb olamiz. U holda (6.1) tenglamani quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$x_{2i} = -\frac{\lambda_1}{\lambda_2} x_{1i} - \frac{\lambda_3}{\lambda_2} x_{3i} - \dots - \frac{\lambda_k}{\lambda_2} x_{ki} \quad (6.3)$$

bundan x_2 ning boshqa o'zgaruvchilar bilan qanday bog'liqligi yoki x ning boshqa o'zgaruvchilari chiziqli kombinatsiyasidan qanday olinishi mumkinligini aniqlaydi. Bunday holda, x_2 o'zgaruvchisi va (6.3) tenglamaning o'ng qismining chiziqli kombinatsiyasi o'rtasida korrelyatsiya koeffitsienti mutlaqo birga teng.

Xuddi shunday, agar $\lambda_2 \neq 0$ bo'lsa, (6.2) tenglamani quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$x_{2i} = -\frac{\lambda_1}{\lambda_2} x_{1i} - \frac{\lambda_3}{\lambda_2} x_{3i} - \dots - \frac{\lambda_k}{\lambda_2} x_{ki} - \frac{1}{\lambda_2} v_i \quad (6.4)$$

bu x_2 ning boshqa x larning qat'iy chiziqli kombinatsiyasi emasligini ko'rsatadi, chunki bu ham v_i stoxastik xato bilan aniqlanadi.

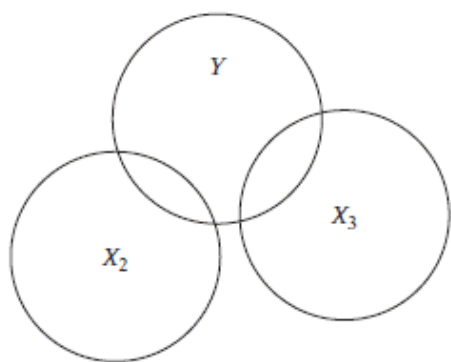
Misol sifatida quyidagi gipotetik ma'lumotlarni ko'rib chiqamiz:

X_2	X_3	X_3^*
10	50	52
15	75	75
18	90	97
24	120	129
30	150	152

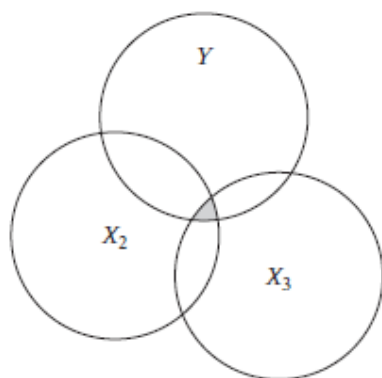
Ko'rinib turibdiki $X_{3i} = 5X_{2i}$. Shunday qilib, r_{23} korrelyatsiya koeffitsienti 1ga teng bo'lgani uchun X_2 va X_3 o'rtasida qat'iy kollinearlik mavjud. X_3^* o'zgaruvchisi X_3 dan unga tasodifiy raqamlar jadvalidan olingan qo'yidagi raqamlar: 2, 0, 7, 9, 2 oddiy qo'shish bilan olingan. Endi X_2 va X_3^*

o'rtasida qat'iy kollinearlik mavjud emas. Biroq, bu ikki o'zgaruvchi kuchli o'zaro bog'langan, chunki hisob-kitoblar ularning o'rtasidagi korrelyatsiya koeffitsienti 0,9959 ekanligini ko'rsatdi.

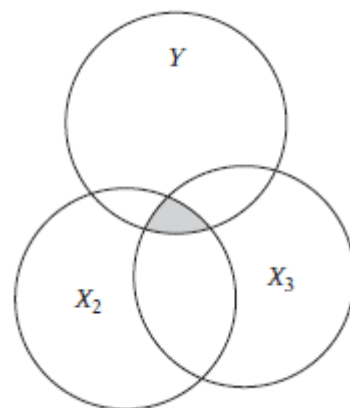
Multikollinearlikga nisbatan yuqorida qayd etilgan yondashuvni quyidagi multikollinearlik rasmi (6.2-rasm) orqali qisqa ko'rsatilishi mumkin. Ushbu shaklda Y , X_2 va X_3 doiralari mos ravishda Y (natijaviy ko'rsatkich) variatsiyasi va X_2 va X_3 larni (ta'sir etuvchi o'zgaruvchilari) taqdim etadi. Kollinearlik darajalari doiralarning X_2 va X_3 qoplama darajasi (soyali maydon) bilan o'lchanishi mumkin. Rasmda 6.2a shaklida X_2 va X_3 oralig'ida hech qanday takrorlash mavjud emas va shuning uchun hech qanday kollinearlik yo'q.



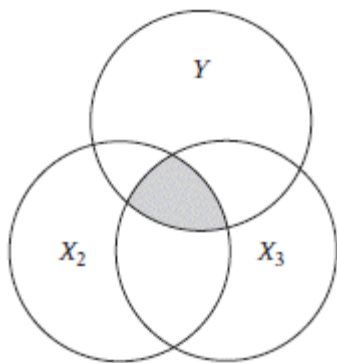
(a) kollinearlik mavjud emas



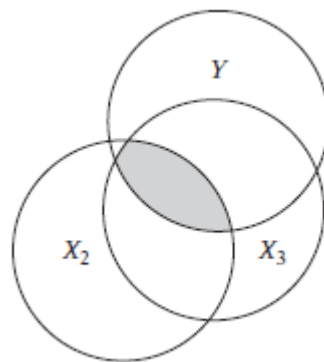
(b) sust kollinearlik



(c) o'rtacha kollinearlik



(d) yuqori kollinearlik



(e) zich kollinearlik

6.2.-rasm. Multikolleniarlik rasmlari

6.2(b)-dan 6.2(e) rasmlargacha "past" dan "yuqori" kollinearlik darajalari taqdim etilgan - X_2 va X_3 (ya'ni soyali maydonning kattaroqligi) orasidagi ketma-ketlik qanchalik katta bo'lsa, kollinearlik darajasi oshadi. Ba'zi holatlarda, agar X_2 va X_3 butunlay kesishgan bo'lsa (yoki X_2 to'liq X_3 ichida yoki aksincha bo'lsa), kollinearlik ideal bo'lishi mumkin edi. Nima uchun klassik chiziqli regressiya modeli X -lar orasida multikollinearlik mavjud emasligini ko'rsatadi? Bu degani: agar multikollinearlik (6.1) tenglamada ko'rsatilgandek qat'iy bo'lsa, regressiyaning X o'zgaruvchilari koeffitsientlari aniqlanmagan va ularning standart xatosi cheksizdir bo'ladi. Agar multikollinearlik (6.2) tenglamada ko'rsatilgandek nisbatan kamroq bo'lsa, regressiya koeffitsientlari deterministik bo'lsa-da, katta standart xatoliklarga ega bo'ladi (koeffitsientlarga nisbatan), bu esa koeffitsientlarni katta aniqlik bilan hisoblash mumkin emasligini anglatadi.

Multikollinearlik uchun bir necha sabablar mavjud. Montgomery va Peck ta'kidlaganidek, multikollinearlik quyidagi omillarga bog'liq.¹²

1. *Ma'lumotlarni to'plash uchun qo'llaniladigan usul.* Misol uchun, to'plamda regressorlarning qiymatlarini chegaralangan diapazoni tanlash.

2. *Modeldagi yoki tanlamada cheklashlar.* Misol uchun, daromaddan (X_2) va uyning kattaligidan (X_3) elektr energiyasini iste'mol qilishning regressiyasida daromadli oila kam ta'minlangan oilalarga qaraganda ko'proq uylarga ega bo'lishiga jismoniy cheklovlar mavjud.

3. *Modelning spetsifikatsiyasi.* Masalan, regressiya modeliga polinomlar qo'shilishi, ayniqsa, X o'zgaruvchining diapazoni kichik bo'lsa.

4. *O'tadeterminirilgan model.* Bu holat modelda tavsiflovchi o'zgaruvchilarning soni kuzatuvlar sonidan ko'p bo'lsa kuzatiladi. Ushbu holat

¹² Douglas Montgomery and Elizabeth Peck, *Introduction to Linear Regression Analysis*, John Wiley & Sons, New York, 1982, pp. 289–290. See also R. L. Mason, R. F. Gunst, and J. T. Webster, "Regression Analysis and Problems of Multicollinearity," *Communications in Statistics A*, vol. 4, no. 3, 1975, pp. 277–292; R. F. Gunst and R. L. Mason, "Advantages of Examining Multicollinearities in Regression Analysis," *Biometrics*, vol. 33, 1977, pp. 249–260.

tibbiy tadqiqotlarda yuzaga kelishi mumkin, bu erda ko'p sonli ma'lumot kam sonli bemorlarhaqida to'planishim mumkin.

Multikollinearlikning yana bir sababi, ayniqsa vaqtli qator ma'lumotlari uchun - bu modelga kiritilgan regressorlar umumiy tendentsiyaga ega bo'ladi, ya'ni ularning barchasi vaqt o'tishi bilan ortadi yoki kamayadi. Misol uchun, iste'mol xarajatlarining daromad, mulk va aholi uchun regressiyasida daromadlar, mulklar va aholi regressorlari vaqt o'tishi bilan bir xil nisbatda o'sishi mumkin, bu esa bu o'zgaruvchilarning o'zaro kolleniariylikka olib keladi.

Masalan, xarajat-daromad misolini ko'rib chiqamiz. Iqtisodchilarning fikriga ko'ra, daromaddan tashqari, iste'molchining boyligi ham iste'mol xarajatlarini aniqlashda muhim omil hisoblanadi. Shunday qilib, biz qo'yidagini yoza olamiz:

$$\text{Iste'mol}_i = \beta_1 + \beta_2 \text{Daromad}_i + \beta_3 \text{Boylik}_i + u_i$$

Daromad va boylik haqidagi ma'lumotni qo'lga kiritganimizda, bu ikki o'zgaruvchi qa'tiy kolleniariylik darajasiga ega bo'lishi mumkin: boy odamlar ko'proq daromadga ega. Shunday qilib, nazariy jihatdan, daromad va boylik iste'mol xarajatlarini tushuntirish uchun mantiqiy nomzod bo'lsada, amalda (ya'ni tanlanmada) bu daromad va boylikning iste'mol xarajatlariga ta'sirini ajratib qo'yish qiyin kechadi. Ideal sifatida, boylik va daromadning iste'mol xarajatlariga individual ta'sirini baholash uchun kam daromadli boy kishilarning tanlanma kuzatuvlari, shuningdek boyliksiz yuqori daromadli kishilarning tanlanma kuzatuvlari etarli bo'lishi kerak. Ushbu holatlar (tanlanma o'lchamini oshirish orqali) mumkin bo'lsa-da, bu vaqtli katorlar to'plamida erishish juda qiyin.

6.3. Ko'p omilli regressiya tenglamasi parametrlarini baholashda eng kichik kvadratlar usuli

Chiziqli ko'p omilli regressiya tenglamasini ko'rib chiqaylik

$$y = a + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + \dots + b_p \cdot x_p + \varepsilon \quad (6.5)$$

Ko'p omilli regressiya tenglamasining parametrlarini baholash uchun odatda, eng kichik kvadratlar usuli (EKKU) qo'llaniladi, unga muvofiq shunday a va b_i parametrlarining qiymatlari tanlanishi kerakki, natijaviy ko'rsakichning haqiqiy qiymatlarining y_i nazariy qiymatlarining $\hat{y} = f(x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{pi})$ farqi kvadratlari yig'indisi (x_{ij} omillarining bir xil qiymatlari uchun) eng minimal bo'lishi kerak, ya'ni,

$$s = \sum (y_i - \hat{y}_i)^2 = \min$$

(6.6) ni hisobga olgan holda s miqdor noma'lum parametrlar a va b_i larning funksiyasidir

$$s = \sum_{i=1}^n (y_i - a - b_1 \cdot x_{1i} - b_2 \cdot x_{2i} - \dots - b_p \cdot x_{pi})^2 = S(a, b_1, b_2, \dots, b_p) \quad (6.6)$$

a va b_i parametrlarning optimal qiymatlari quyidagi shartlarni qondiradi

$$\frac{\partial s}{\partial a} = 0, \quad \frac{\partial s}{\partial b_1} = 0, \quad \frac{\partial s}{\partial b_2} = 0, \dots, \quad \frac{\partial s}{\partial b_p} = 0 \quad (6.7)$$

Bir necha hisoblarni bajarish natijasida a va b_i parametrlarni aniqlash uchun quyidagi tenglamalar tizimiga erishamiz

$$\begin{aligned} \frac{\partial s}{\partial a} &= -2 \sum_{i=1}^n (y_i - a - b_1 \cdot x_{1i} - b_2 \cdot x_{2i} - \dots - b_p \cdot x_{pi}), \\ \frac{\partial s}{\partial b_1} &= -2b_1 \sum_{i=1}^n (y_i - a - b_1 \cdot x_{1i} - b_2 \cdot x_{2i} - \dots - b_p \cdot x_{pi}), \quad (6.8) \\ &\dots\dots\dots \\ \frac{\partial s}{\partial b_p} &= -2b_p \sum_{i=1}^n (y_i - a - b_1 \cdot x_{1i} - b_2 \cdot x_{2i} - \dots - b_p \cdot x_{pi}), \end{aligned}$$

bir necha hisolashlardan keyin eng kichik kvadratlar usulining normal tenglamalar tizimiga ega bo'lamiz

Ko‘p omilli regressiya tenglamaning yana bir shakli *-standartlashtirilgan shakldagi regressiya tenglamasidir:*

$$t_y = \beta_1 t_{x_1} + \beta_2 t_{x_2} + \dots + \beta_p t_{x_p},$$

bu yerda $t_y = \frac{y - \bar{y}}{\sigma_y}, t_{x_i} = \frac{x_i - \bar{x}_i}{\sigma_{x_i}}$ - standart o‘zgaruvchi;

β_i - standartlashtirilgan regressiyaning koeffitsientlari.

Ko‘p omilli regressiya tenglamaning standartlashtirilgan shakliga EKKU qo‘llanilishi mumkin. Regressiyaning standartlashtirilgan koeffitsientlari quyidagi tenglamalar tizimida aniqlanadi:

$$\begin{cases} r_{yx_1} = \beta_1 + \beta_2 r_{x_2 x_1} + \beta_3 r_{x_3 x_1} + \dots + \beta_p r_{x_p x_1}, \\ r_{yx_2} = \beta_1 r_{x_2 x_1} + \beta_2 + \beta_3 r_{x_3 x_2} + \dots + \beta_p r_{x_p x_2}, \\ \dots \\ r_{yx_p} = \beta_1 r_{x_p x_1} + \beta_2 r_{x_p x_2} + \beta_3 r_{x_p x_3} + \dots + \beta_p, \end{cases}$$

Ko‘p omilli regressiya koeffitsientlarning b_i standartlashtirilgan koeffitsientlar β_i bilan aloqasi qo‘yidagi munosabat bilan tavsiflanadi

$$b_i = \beta_i \frac{\sigma_y}{\sigma_{x_i}}$$

a parametr qo‘yidagicha tasvirlanadi $a = \bar{y} - b_1 \bar{x}_1 - b_2 \bar{x}_2 - \dots - b_p \bar{x}_p$.

6.4. Ekonometrik model parametrlarining iqtisodiy tahlili va elastiklik koeffitsientlarini hisoblash.

Quyidagi turdagi ko‘p omilli regressiya tenglamalari mavjud: chiziqli, chiziqsiz va chiziqsiz tenglamalar, chiziqli ko‘rinishga keltiriladigan va chiziqli ko‘rinishga keltirib olmaydigan. Dastlabki ikki holatda model parametrlarini baholash uchun klassik chiziqli regression tahlil usullari qo‘llaniladi. Ichki chiziqsiz tenglamalar uchun parametrlarni baholash uchun chiziqsiz optimallashtirish usullari qo‘llanilishi kerak.

Regressiya tenglamalarga qo‘yiladigan asosiy talabi - bu modelni va uning parametrlarini vizual iqtisodiy baholashning mavjudligidir.

Ushbu fikrlarga asoslanib, ko‘pincha chiziqli va darajali bog‘lanishlar qo‘llaniladi. Yuqorida ta’kidlanganidek, $y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_px_p$ chiziqli ko‘p omilli regressiya tenglamasida x_i parametrlari "sof" regressiya koeffitsientlari deyiladi. Ular mos keladigan omilni bir birlikga o‘zgarishi natijani o‘rtacha o‘zgarishini boshqa omillarning o‘zgarish bilan tavsiflaydi.

Misol uchun, mahsulotga bo‘lgan (Qd) talab (P) baho va (I) daromad bo‘yicha quyidagi tenglama bilan tavsiflanadi:

$$Qd = 2,5 - 0,12P + 0,23I$$

Ushbu tenglamaning koeffitsientlari bo‘yicha baho bir-birlik oshgani sababli, talab o‘rtacha 0,12 birlikga kamayadi va daromadning bir-birlik ortishi iste’molni o‘rtacha 0,23 dona ortishiga keltiradi.

Elastiklik koeffitsienti kabi ko‘rsatkichlar iqtisodiy tadqiqotlarda keng qo‘llaniladi. Agar x va y o‘zgaruvchilari orasidagi munosabatlar $y = f(x)$ shaklida bo‘lsa, elastiklik koeffitsienti quyidagi formula bo‘yicha aniqlanadi:

$$\Theta = f'(x) \frac{x}{y}$$

Elastiklik koeffitsienti x omil 1% ga o‘zgartirilganda natijaviy ko‘rsatkich y o‘rtacha necha foizi o‘zgarishi ko‘rsatadi.

Chiziqli regresiya $y = a + bx$ uchun elastiklik koeffitsienti quyidagi formula orqali aniqlanadi

$$\Theta = b \frac{x}{y}$$

Umumiy holatda E elastiklik koeffitsienti x ning qiymatiga bog‘liq bo‘lib o‘zgaruvchan bo‘ladi. Ushbu bog‘liqlikdan qutilish uchun elastiklik koeffitsienti o‘rtachasini qo‘llaymiz

$$\bar{\Theta} = f'(\bar{x}) \frac{\bar{x}}{\bar{y}} = b \frac{\bar{x}}{\bar{y}}$$

ushbu ko‘rsatkich o‘zgarish miqdori bo‘ladi.

O'rtacha elastiklik koeffitsient \bar{E} shuni ko'rsatadiki, x omilning umumiy qiymatlari uchun, x omilining 1 foizga o'zgarishining o'rtacha natijaviy ko'rsatkich y ning necha foizga o'zgarishining ko'rsatmoqda.

$y = ax^b$ darajali regressiya uchun elastiklik koeffitsienti b ga teng va o'zgarmas qiymat deb hisoblanadi. Shundan bilish mumkinki darajali regressiya tenglamasida b parametri shuni ko'rsatadiki, x omilining 1% o'zgarishi natijaviy ko'rsatkich bo'lgan y belgining necha foizi o'zgarganini anglatadi.

Darajali ko'p omilli regressiya quyidagi ko'rinishga ega:

$$y = a \cdot x_1^{b_1} \cdot x_2^{b_2} \cdot \dots \cdot x_p^{b_p} \quad (6.9)$$

b_j parametrlari (x_i omillarining darajalari) elastiklik koeffitsientlari hisoblanadi. Ular shuni ko'rsatadiki, mos keladigan x_i omilni 1% o'zgarishi natijaviy ko'rsatkichni o'rtacha necha foizga o'zgarishini boshqa omillarning o'zgarmas bilan tavsiflaydi.

Ushbu turdagi regressiya tenglamasi ishlab chiqarish funksiyalarida keng qo'llanilgan bo'lib, shuningdek, talab va taklifni o'rganishda ham ishlatiladi.

Masalan, mahsulot ishlab chiqarish Y kapital xarajatlari K va mehnat xarajatlariga L ga nisbatan bog'liqligi

$$Y = 0,89K^{0,23}L^{0,81}$$

Bu o'z navbatida K kapital xarajatlarni 1% o'sishi va mehnat xarajatlarini o'zgarmasdan qolishi Y mahsulot ishlab chiqarish hajmini 0,23% oshishiga olib keladi. L mehnat xarajatlarini 1% o'sishi va K kapital xarajatlarni o'zgarmasdan qolishi Y ishlab chiqarish hajmini 0,81% oshishini ko'rsatadi.

Shu bilan birgalikda har bir omilning b_i koeffitsienlarning yig'indisi ham (elastikliklar yig'indisi) $b = \sum b_i$ iqtisodiy ma'no beradi. Ushbu qiymat ishlab chiqarishning elastiklikni umumiy xususiyatini beradi

Agar $b > 1$ bo'lsa, bunda, funksiya ishlab chiqarish ko'lamiga qarab ortib borishini ko'rsatadi. Agar $b = 1$ bo'lsa, bunda, ishlab chiqarish ko'lami doimiy bo'ladi. Agar $b < 1$, bunda, funksiya ishlab chiqarish ko'lamiga qarab pasayotganligini bildiradi.

Nazorat uchun savollar

1. Iqtisodiy jarayonlarning ko'p omilli xususiyatlari va o'zgarish qonuniyatlari nimalarda namoyon bo'ladi?
2. Ekonometrik model tuzish uchun omillarni tanlash uslubiyoti nimalardan iborat?
3. Ko'p omillik korrelyatsiya qachon qo'llaniladi?
4. Ko'p omilli determinatsiya koeffitsienti nimani ifodalaydi?
5. Ko'p omilli ekonometrik (regression) modelni xususiyatlari nimalardan iborat?
6. "Eng kichik kvadratlar" usuli yordamida ko'p omilli ekonometrik modelning koeffitsientlarini qanday hisoblanadi?
7. Multikollinearlik nimani ifodalaydi?
8. Ekonometrik model parametrlarini iqtisodiy tahlilini tushuntirib bering.
9. Elastiklik koeffitsientlarining iqtisodiy mohiyati nimalardan iborat va ular qanday hisoblanadi?
10. Ko'p omilli regressiya koeffitsientlarning standartlashtirilgan koeffitsientlar bilan aloqasi qanday munosabat bilan tavsiflanadi?

7-BOB. REGRESSIYANING XUSUSIY TENGLAMASI

7.1. Regressiyaning xususiy tenglamasining yozilishi va elastiklikning xususiy koeffitsientini aniqlash

7.2. Ko‘p omilli korrelyatsiya

7.3. Xususiy korrelyatsiya

7.1. Regressiyaning xususiy tenglamasining yozilishi va elastiklikning xususiy koeffitsientini aniqlash

$y = a + b_i \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + \dots + b_p \cdot x_p + \varepsilon$ - ko‘p omilli regressiya chiziqli tenglamasi

asosida regressiyaning xususiy tenglamalarini quyidagicha yozish mumkin:

$$\begin{cases} y_{x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \dots x_p} = f(x_1), \\ y_{x_2 \cdot x_1 \cdot x_3 \dots x_p} = f(x_2), \\ \dots \\ y_{x_p \cdot x_1 \cdot x_2 \dots x_{p-1}} = f(x_p). \end{cases}, \quad (7.1)$$

ya’ni ushbu tenglamalar sistema natijaviy belgini mos x omil belgi bilan, ko‘p o‘lchovli regressiyada e’tiborga olinuvchi qolgan belgilarini o‘rtacha qiymatida ushlab turgan holda, bog‘lanishini ifodalaydigan regressiya tenglamalaridan iborat.

Regressiyaning xususiy tenglamalari quyidagi ko‘rinishga ega:

$$\begin{cases} y_{x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \dots x_p} = a + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot \bar{x}_2 + b_3 \cdot \bar{x}_3 + \dots + b_p \cdot \bar{x}_p + \varepsilon \\ y_{x_2 \cdot x_1 \cdot x_3 \dots x_p} = a + b_1 \cdot \bar{x}_1 + b_2 \cdot \bar{x}_2 + b_3 \cdot \bar{x}_3 + \dots + b_p \cdot \bar{x}_p + \varepsilon \\ \dots \\ y_{x_p \cdot x_1 \cdot x_2 \dots x_{p-1}} = a + b_1 \cdot \bar{x}_1 + b_2 \cdot \bar{x}_2 + \dots + b_{p-1} \bar{x}_{p-1} + b_p \cdot \bar{x}_p + \varepsilon \end{cases} \quad (7.2)$$

Ushbu tenglamalarga mos omillarning o‘rtacha qiymatlarini qo‘yib chiqsak, ular juft chiziqli regressiya tenglamasining ko‘rinishini olib quyidagicha ifodalanadi:

$$\begin{cases} y_{x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \dots x_p} = A_1 + b_1 \cdot x_1, \\ y_{x_2 \cdot x_1 \cdot x_3 \dots x_p} = A_2 + b_2 \cdot x_2, \\ \dots \\ y_{x_p \cdot x_1 \cdot x_2 \dots x_{p-1}} = A_p + b_p \cdot x_p \end{cases},$$

$$\bar{\vartheta}_{y_{x_1}} = 0,135 \cdot \frac{245,7}{31,5} = 1,053\%,$$

ya'ni, mahalliy ishlab chiqarish hajmi 1%ga o'sganda, zahira hajmi va iste'mol o'zgaragan holda import hajmi regionlar to'plami bo'yicha 1,053%ga o'sadi.

Ikkinchi o'zgaruvchi uchun elastiklik koeffitsienti teng:

$$\bar{\vartheta}_{y_{x_2}} = 0,476 \cdot \frac{3,7}{31,5} = 0,056\%$$

ya'ni, zahiraning o'zgarishi 1%ga o'sganda, ishlab chiqarish va ichki iste'mol o'zgaragan holda, import hajmi o'rtacha 0,056% ga ko'payadi.

Uchinchi o'zgaruvchi uchun esa elastiklik koeffitsienti quyidagiga teng:

$$\bar{\vartheta}_{y_{x_3}} = 0,343 \cdot \frac{182,5}{31,5} = 1,987\%$$

ya'ni, ichki iste'molni 1% ga o'sishi, ishlab chiqarish hajmi va zahira miqdori o'zgaragan holda, import hajmini 1,987% ga ortishini ko'rsatadi.

Elastiklikning o'rtacha ko'rsatkichlarini bir-birlari bilan taqqoslash mumkin va mos ravishda omillarni natijaga ta'sir kuchiga qarab tartib bilan joylashtirish(ranjirlash)mumkin. Misolimizda natijaga (import hajmiga) eng ko'p ta'sir etuvchi o'zgaruvchi, bu mahsulotni iste'mol hajmi - x_3 , eng kam ta'sir etuvchi omil esa zaxiralarning o'zgarishi - x_2 . Barcha regionlar bo'yicha elastiklikning o'rtacha ko'rsatkichi bilan bir qatorda regressiyaning xususiy tenglamasi asosida har bir region uchun xususiy elastiklik koeffitsientlarini hisoblash mumkin.

Bizning misolimiz uchun regressiyaning xususiy tenglamasi quyidagilardan iborat bo'ladi:

- birinchi omil uchun,

$$y_{x_1 \cdot x_2 \cdot x_3} = a + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot \bar{x}_2 + b_3 \cdot \bar{x}_3,$$

ya'ni $y_{x_1 \cdot x_2 \cdot x_3} = -66,028 + 0,135 \cdot x_1 + 0,476 \cdot 3,7 + 0,343 \cdot 182,5 = -1,669 + 0,135 \cdot x_1$;

- ikkinchi omil uchun,

$$y_{x_2 \cdot x_1 \cdot x_3} = a + b_1 \cdot \bar{x}_1 + b_2 \cdot x_2 + b_3 \cdot \bar{x}_3,$$

ya'ni $y_{x_2 \cdot x_1 \cdot x_3} = -66,028 + 0,135 \cdot 245,7 + 0,476 \cdot x_2 + 0,343 \cdot 182,5 = 29,739 + 0,476 \cdot x_2$;

-uchinchi omil uchun,

$$y_{x_3, x_1, x_2} = a + b_1 \bar{x}_1 + b_2 \cdot \bar{x}_2 + b_3 x_3,$$

ya'ni $y_{x_3, x_1, x_2} = -66,028 + 0,135 \cdot 245,7 + 0,476 \cdot 3,7 + 0,343 \cdot x_3 = -31,097 + 0,343 \cdot x_3$

Ushbu tenglamalarga mos omillarning regionlar bo'yicha haqiqiy qiymatlarini qo'yib, bitta omilni berilgan qiymatida boshqa qolgan omillarning o'rtacha qiymatida modellashtiriluvchi y ko'rsatkichning qiymatini topamiz. Bu natijaviy belgining hisoblangan qiymati yuqoridagi keltirilgan formulalar bo'yicha elastiklikning xususiy koeffitsientlarini topish uchun qo'llaniladi.

Masalan, agar regionda $x_1 = 160,2$; $x_2 = 4,0$; $x_3 = 190,5$ bo'lsa, u holda elastiklikning xususiy koeffitsientlari quyidagilarga teng bo'ladi:

$$\mathcal{E}_{y, x_1} = b_1 \cdot \frac{x_1}{y_{x_1, x_2, x_3}}, \quad \text{yoki} \quad \mathcal{E}_{y, x_1} = 0,135 \cdot \frac{160,2}{-1,669 + 0,135 \cdot 160,2} = 1,084\%;$$

$$\mathcal{E}_{y, x_2} = b_2 \cdot \frac{x_2}{y_{x_2, x_1, x_3}}, \quad \text{yoki} \quad \mathcal{E}_{y, x_2} = 0,476 \cdot \frac{4,0}{29,739 + 0,476 \cdot 4,0} = 0,060\%;$$

$$\mathcal{E}_{y, x_3} = b_3 \cdot \frac{x_3}{y_{x_3, x_1, x_2}}, \quad \text{yoki} \quad \mathcal{E}_{y, x_3} = 0,343 \cdot \frac{190,5}{-31,097 + 0,343 \cdot 190,5} = 1,908\%.$$

Ko'rinib turibdiki, regionlar uchun elastiklikning xususiy koeffitsientlari, regionlarning barchasi bo'yicha hisoblangan o'rtacha elastiklik ko'rsatkichlaridan farq qiladi. Ular alohida hududlarni rivojlantirish uchun qarorlar qabul qilishda foydalaniladi.

7.2. Ko'p omilli korrelyatsiya

Ko'p omilli regressiya tenglamasining amaliy ahamiyati ko'p omilli korrelyatsiya koeffitsienti va uning kvadrati -determinatsiya koeffitsienti yordamida baholanadi.

Ko'p omilli korrelyatsiya koeffitsienti qaralayotgan omillar to'plamini o'rganilayotgan belgiga bog'lanish darajasini tavsiflaydi, ya'ni omillarni birgalikda natijaviy belgiga ta'sir kuchini tavsiflab beradi.

Ko'p omilli korrelyatsiya ko'rsatkichi o'zaro bog'lanish shakllaridan qat'iy nazar ko'p o'lchovli korrelyatsiya indeksi kabi aniqlanishi mumkin:

$$R_{yx_1x_2\dots x_p} = \sqrt{1 - \frac{\sigma_{qol}^2}{\sigma_y^2}}, \quad (7.4)$$

bu yerda: $\sigma_{qol}^2 - y = f(x_1, x_2, \dots, x_p)$ tenglama uchun qoldiq dispersiya,

$$\sigma_{qol}^2 = \frac{\sum (y - y_{x_1, x_2, \dots, x_p})^2}{n};$$

σ_y^2 -natijaviy belgining umumiy dispersiyasi, $\sigma_y = \frac{\sum (y - \bar{y})^2}{n}$.

Ko'p omilli korrelyatsiya indeksini tuzish metodikasi juft bog'lanishnikiga o'xshash. Uning o'zgarish chegarasi ham 0 dan 1 gacha. U 1ga qanchalik yaqin bo'lsa natijaviy belgining barcha omillar bilan bog'lanish darajasi shunchalik yuqori bo'ladi. Ko'p omilli korrelyatsiya indeksining qiymati juft omilli korrelyatsiyalar indekslarining maksimal qiymatidan katta yoki unga teng bo'lishi kerak, ya'ni,

$$R_{yx_1x_2\dots x_p} \geq R_{yx_i} \quad (i = \overline{1, p}).$$

Bog'lanish chiziqli bo'lganda korrelyatsiya indeksi formulasini juft korrelyatsiya koeffitsienti orqali quyidagicha ifodalash mumkin:

$$R_{yx_1x_2\dots x_p} = \sqrt{\sum \beta_{x_i} \cdot r_{yx_i}}. \quad (7.5)$$

bu yerda: β_{x_i} -regressiyaning standartlashgan koeffitsienti;

r_{yx_i} -natijaning har bir omil bilan juft korrelyatsiya koeffitsienti.

Chiziqli regressiya uchun ko'p omilli korrelyatsiya indeksi formulasi *ko'p omilli korrelyatsiya chiziqli koeffitsienti* yoki *korrelyatsiya koeffitsienti to'plami* deb nomlanadi.

Chiziqsiz bog'lanish uchun ham ko'p omilli korrelyatsiya indeksi korrelyatsiya koeffitsienti to'plamiga teng bo'lishi mumkin. Firma uchun daromad modeli *u* quyidagi ko'rinishga ega bo'lsa:

$$y = a + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot \ln x_2 + b_3 \cdot \ln x_3 + b_4 \cdot \ln x_4 + \varepsilon,$$

bu yerda: x_1 -reklama uchun harajatlar;

x_2 -firma kapitali;

x_3 -region bo'yicha sotilgan ma'lum bir guruh tovarlarnifirmaning umumiy mahsulotlaridagi ulushi;

x_4 -firmaning avvalgi yilga nisbatan sotilgan mahsulotlari hajmining ko'payish foizi.

x_1 omil chiziqli, x_2, x_3, x_4 - omillar logarifmik shaklda berilgani bilan bog'lanish zichligini baholash chiziqli ko'p omilli korrelyatsiya koeffitsienti yordamida amalga oshirilishi mumkin. Agar qaralayotgan model standartlashtirilgan quyidagi ko'rinishda bo'lsa:

$$t_y = -0,4 \cdot t_{x_1} + 0,5 \cdot t_{x_2} + 0,4 \cdot t_{x_3} + 0,3 \cdot t_{x_4},$$

daromadni unga ta'sir etuvchi har bir omil bilan juft korrelyatsiyasi esa

$$r_{yx_1} = -0,6; \quad r_{y \ln x_2} = 0,7; \quad r_{y \ln x_3} = 0,6; \quad r_{y \ln x_4} = 0,4.$$

bo'lsa, u holda ko'p omilli determinatsiya koeffitsienti (7.5) quyidagiga teng bo'ladi:

$$R_{yx_1, x_2, x_3, x_4}^2 = -0,4 \cdot (-0,6) + 0,5 \cdot 0,7 + 0,4 \cdot 0,6 + 0,3 \cdot 0,4 = 0,95.$$

Huddi shunday natijani natijaviy belgining qoldiq va umumiy dispersiyalari nisbati bo'yicha aniqlangan ko'p omilli determinatsiya indeksi orqali ham olish mumkin.

7.3. Xususiy korrelyatsiya

Yuqorida ko'rib o'tilganidek, ko'p omilli chiziqli regressiyada qatnashuvchi omillarni ranjirlash regressiyaning standartlashtirilgan koeffitsientlari (β) orqali ham amalga oshirilishi mumkin. Bunga, chiziqli bog'lanishlar uchun, xususiy korrelyatsiya koeffitsientlari orqali ham erishish mumkin. O'rganilayotgan belgilar chiziqli bog'lanishlarda bo'lmagan holatlarda esa bu vazifani hususiy determinatsiya koeffitsientlari bajaradi. Bundan tashqari, hususiy korrelyatsiya

koefitsientlari omillarni saralash muammolarini echishda qo‘llaniladi, ya’ni u yoki bu omilni modelga kiritish masalasi xususiy korrelyatsiya koefitsientlari orqali isbotlab beriladi.

Xususiy korrelyatsiya koefitsienti (yoki indeksi) natija bilan regressiya tenglamasiga kiritilgan bitta omil orasidagi bog‘lanishning zichligini, boshqa omillar ta’siri o‘zgarmagan holda, tavsiflaydi.

Xususiy korrelyatsiya koefitsientlari tahlil uchun modelga kiritilgan yangi omil hisobiga kamaygan qoldiq dispersiyani yangi omil kiritilmasdan oldingi qoldiq dispersiyaga bo‘lgan nisbatiga teng.

Misol. Faraz qilaylik, mahsulot hajmi (u)ning mehnat harajatlari (x_i)ga bog‘liqligi

$$y_{x_1} = 27,5 + 3,5 \cdot x_1, \quad r_{yx_1} = 0,58$$

tenglama bilan ifodalansin.

Ushbu tenglamaga x_1 ning haqiqiy qiymatlarini qo‘yib, mahsulot hajmi y_{x_1} ning nazariy qiymati va unga mos keluvchi qoldiq dispersiya S^2 qiymatini topamiz:

$$S_{yx_1}^2 = \frac{\sum (y_i - y_{x_1})^2}{n}.$$

Regressiya tenglamasiga qo‘shimcha x_2 -ishlab chiqarishni texnik ta’minlanganlik darajasi omilini kiritib, quyidagi regressiya tenglamasini olamiz:

$$y_{x_1, x_2} = 20,2 + 2,8 \cdot x_1 + 0,2 \cdot x_2 \quad . \quad (7.6)$$

Tabiiyki, bu tenglama uchun qoldiq dispersiya kamayadi, Faraz qilaylik avvalgi qoldiq dispersiya $S_{yx_1}^2 = 6$ bo‘lgan bo‘lsa, ikkinchi omil kiritilgandan so‘ng $S_{yx_1, x_2}^2 = 3,7$ bo‘lgan. Demak, modelga qancha ko‘p omil kiritilsa qoldiq dispersiyaning qiymati shuncha kamayadi. x_2 qo‘shimcha omilning kiritilishi natijasida qoldiq dispersiyaning kamayishi $S_{yx_1}^2 - S_{yx_1, x_2}^2 = 2,3$ ga teng bo‘ladi.

Qo‘shimcha omil kiritilishiga qadar bo‘lgan dispersiya- $S_{yx_1}^2$ da bu kamayishning hissasi qancha ko‘p bo‘lsa, u bilan x_2 orasidagi bog‘lanish, x_1 omilining ta’siri o‘zgarmas bo‘lganda, shuncha zich bo‘ladi. Bu miqdorni kvadrat

ildiz ostidan chiqarsak, bizga u ni x_2 bilan bog‘lanish zichligini “toza” ko‘rinishda ifodalovchi xususiy korrelyatsiya indeksini beradi.

Demak, x_2 omilni u natijaga toza ta’sirini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$r_{yx_2x_1} = \sqrt{\frac{S_{yx_1}^2 - S_{yx_1x_2}^2}{S_{yx_1}^2}}.$$

x_1 omilning u natijaga xususiy ta’siri ham xuddi shu kabi aniqlaniladi:

$$r_{yx_1x_2} = \sqrt{\frac{S_{yx_2}^2 - S_{yx_1x_2}^2}{S_{yx_2}^2}}.$$

Agar $S_{yx_2}^2 = 5$ deb olsak, u holda (6.6) tenglama uchun xususiy korrelyatsiya koeffitsientlari quyidagicha bo‘ladi:

$$r_{yx_1x_2} = \sqrt{\frac{5-3,7}{5}} = 0,51 \quad \text{va} \quad r_{yx_2x_1} = \sqrt{\frac{6-3,7}{6}} = 0,619.$$

Olingan natijalarni taqqoslab ko‘rsak, mahsulot hajmiga ko‘proq korxonaning texnik ta’minoti ta’sir etishini ko‘rishimiz mumkin.

Agar qoldiq dispersiyani $S_{qol_1}^2 = \sigma_y^2(1-r)^2$ ko‘rinishda determinatsiya koeffitsienti orqali ifodalasak, u holda xususiy korrelyatsiya koeffitsienti formulasi quyidagicha ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$r_{yx_1x_2} = \sqrt{\frac{S_{yx_2}^2 - S_{yx_1x_2}^2}{S_{yx_2}^2}} = \sqrt{1 - \frac{S_{yx_1x_2}^2}{S_{yx_2}^2}} = \sqrt{1 - \frac{1 - R_{yx_1x_2}^2}{1 - R_{yx_2}^2}},$$

va mos ravishda x_2 uchun

$$r_{yx_2x_1} = \sqrt{1 - \frac{1 - R_{yx_1x_2}^2}{1 - R_{yx_1}^2}}.$$

Yuqoridagi xususiy korrelyatsiya koeffitsientlari birinchi tartibli xususiy korrelyatsiya koeffitsientlari (indekslari) deb ataladi. Ular ikki o‘zgaruvchining bog‘lanish zichligini, omillardan biri o‘zgarmas bo‘lgan holda, aniqlash imkonini beradi.

Agar p dona omillardan iborat bo‘lgan regressiyani ko‘radigan bo‘lsak, u holda birinchi tartibli xususiy korrelyatsiya koeffitsinetlaridan tashqari ikkinchi,

uchinchi va h.k. $(r-1)$ -tartibli xususiy korrelyatsiya koeffitsientlarini aniqlash mumkin. Ya'ni, natijaviy belgiga x_1 omilning ta'sirini qolgan omillarni quyidagi turlicha bog'liq bo'lmagan holatlaridagi ta'sirini baholash mumkin:

$r_{yx_1 \cdot x_2}$ - x_2 omilni o'zgarmagan holda ta'sirida;

$r_{yx_1 \cdot x_2 x_3}$ - x_2 va x_3 omillar o'zgarmagan holda ta'sirida;

$r_{yx_1 \cdot x_2 x_3 \dots x_p}$ - regressiya tenglamasiga kiritilgan barcha omillarni o'zgarmagan holatdagi ta'sirida.

Umumiy ko'rinishda r omilli $y = a + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + \dots + b_p \cdot x_p + \varepsilon$, tenglama uchun u ga x_i omilni, boshqa omillar o'zgarmagan holatda, ta'sir kuchini o'lchovchi xususiy korrelyatsiya koeffitsientini quyidagi formula bo'yicha aniqlash mumkin:

$$r_{yx_i \cdot x_1 x_2 \dots x_{i-1} x_{i+1} \dots x_p} = \sqrt{1 - \frac{1 - R_{yx_1 x_2 \dots x_i \dots x_p}^2}{1 - R_{yx_1 x_2 \dots x_{i-1} x_{i+1} \dots x_p}^2}},$$

bu yerda: $R_{yx_1 x_2 \dots x_p}^2$ - r omillar kompleksining natija bilan ko'p omilli determinatsiya koeffitsienti;

$R_{yx_1 x_2 \dots x_{i-1} x_{i+1} \dots x_p}$ - x_i omilni modelga kiritilmagan holatdagi determinatsiya koeffitsienti.

$i=1$ bo'lganda xususiy korrelyatsiya koeffitsienti quyidagi ko'rinishni oladi:

$$r_{yx_1 x_2 \dots x_p} = \sqrt{1 - \frac{1 - R_{yx_1 x_2 \dots x_p}^2}{1 - R_{yx_2 \dots x_p}^2}}.$$

Ushbu xususiy korrelyatsiya koeffitsienti u va x_1 ni bog'lanish zichligini, regressiya tenglamasiga kiritilgan boshqa omillar o'zgarmagan holda, o'lchash (aniqlash) imkoniyatini beradi.

Xususiy korrelyatsiya koeffitsientining tartibi natijaviy belgiga ta'siri o'zgaras holatda ushlab turiladigan omillar soni bilan aniqlaniladi. Masalan,

$r_{yx_1x_2}$ - birinchi tartibli xususiy korrelyatsiya koeffitsienti. Bundan kelib chiqqan holda juft korrelyatsiya koeffitsienti nolinch tartibli koeffitsient deyiladi.

Yuqoriroq tartibli xususiy korrelyatsiya koeffitsientlarini quyi tartibli xususiy korrelyatsiya koeffitsientlari orqali quyidagi rekkurent formula yordamida aniqlash mumkin:

$$r_{yx_i \cdot x_1 x_2 \dots x_p} = \frac{r_{yx_i \cdot x_1 \cdot x_2 \dots x_{p-1}} - r_{yx_p \cdot x_1 x_2 \dots x_{p-1}} \cdot r_{x_i x_p \cdot x_1 x_2 \dots x_{p-1}}}{\sqrt{(1 - r_{yx_p \cdot x_1 x_2 \dots x_{p-1}}^2) \cdot (1 - r_{x_i x_p \cdot x_1 x_2 \dots x_{p-1}}^2)}}.$$

Ikki omillida va $i=1$ bo'lganda ushbu formula quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$r_{yx_1 \cdot x_2} = \frac{r_{yx_1} - r_{yx_2} \cdot r_{x_1 x_2}}{\sqrt{(1 - r_{yx_2}^2) \cdot (1 - r_{x_1 x_2}^2)}}.$$

Mos ravishda $i=2$ va omil ikkita bo'lganda u ni x_2 omil bilan xususiy korrelyatsiya koeffitsientini quyidagi formula bilan aniqlash mumkin:

$$r_{yx_2 \cdot x_1} = \frac{r_{yx_2} - r_{yx_1} \cdot r_{x_1 x_2}}{\sqrt{(1 - r_{yx_1}^2) \cdot (1 - r_{x_1 x_2}^2)}}.$$

Uch omilli regressiya tenglamasi uchun ikkinchi tartibli xususiy korrelyatsiya koeffitsienti birinchi tartibli xususiy korrelyatsiya koeffitsienti asosida aniqlaniladi.

$$y = a + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + \dots + b_p \cdot x_p + \varepsilon,$$

tenglamada har biri rekkurent formula asosida aniqlanadigan uchta ikkinchi tartibli xususiy korrelyatsiya koeffitsientini aniqlash mumkin, ular:

$$r_{yx_1 \cdot x_2 \cdot x_3}; \quad r_{yx_2 \cdot x_1 \cdot x_3}; \quad r_{yx_3 \cdot x_1 \cdot x_2};$$

Masalan, $i=1$ bo'lganda $r_{yx_1 \cdot x_2 \cdot x_3}$ ni hisoblash uchun quyidagi formula qo'llaniladi:

$$r_{yx_1 \cdot x_2 \cdot x_3} = \frac{r_{yx_1 x_2} - r_{yx_3 x_2} \cdot r_{x_1 x_2 x_3}}{\sqrt{(1 - r_{yx_3 x_2}^2) \cdot (1 - r_{x_1 x_2 x_3}^2)}}.$$

Misol. Faraz qilaylik, gazeta tiraji (u)ni gazetani sotishdan tushadigan daromad(x_1)ga, redaksiya xodimlari soni (x_2)ga, regionda tarqatiladigan boshqa

gazetalar orasida gazetaning reytingi (x_3)ga bog‘liqligi o‘rganilayotgan bo‘lsin. Bu holatda juft korrelyatsiya koeffitsientlari matritsasi quyidagicha bo‘lgan bo‘lsin:

$$\begin{bmatrix} 1 & & & \\ r_{yx_1} = 0,69 & 1 & & \\ r_{yx_2} = 0,58 & r_{x_1x_2} = 0,46 & 1 & \\ r_{yx_3} = 0,55 & r_{x_1x_3} = 0,50 & r_{x_2x_3} = 0,41 & 1 \end{bmatrix}.$$

Ushbu ma’lumotlardan kelib chiqqan holda birinchi va ikkinchi tartibli xususiy korrelyatsiya koeffitsientlarini topamiz.

Natijaviy belgi (u)ning x_1 va x_2 ga bog‘liqligining birinchi tartibli xususiy korrelyatsiya koeffitsientlarini hisoblaymiz.

$$r_{yx_1 \cdot x_2} = \frac{r_{yx_1} - r_{yx_2} \cdot r_{x_1x_2}}{\sqrt{(1 - r_{yx_2}^2) \cdot (1 - r_{x_1x_2}^2)}} = \frac{0,69 - 0,58 \cdot 0,46}{\sqrt{(1 - 0,58^2) \cdot (1 - 0,46^2)}} = 0,585,$$

bu natija x_2 omilni bir hil darajada ushlab turilganda u va x_1 larning korrelyatsiyasi ancha past (0,585 0,69ga nisbatan) ekanligini ko‘rsatadi.

$$r_{yx_2 \cdot x_1} = \frac{r_{yx_2} - r_{yx_1} \cdot r_{x_1x_2}}{\sqrt{(1 - r_{yx_1}^2) \cdot (1 - r_{x_1x_2}^2)}} = \frac{0,58 - 0,69 \cdot 0,46}{\sqrt{(1 - 0,69^2) \cdot (1 - 0,46^2)}} = 0,409,$$

ya’ni, x_1 omilni bir xil darajada ushlab turilganda natijaviy belgi u ga x_2 omilning ta’siri uncha yuqori emas (0,409 0,58ga nisbatan).

$$r_{yx_1 \cdot x_3} = \frac{r_{yx_1} - r_{yx_3} \cdot r_{x_1x_3}}{\sqrt{(1 - r_{yx_3}^2) \cdot (1 - r_{x_1x_3}^2)}} = \frac{0,69 - 0,55 \cdot 0,50}{\sqrt{(1 - 0,55^2) \cdot (1 - 0,50^2)}} = 0,574,$$

bu natija x_3 omilni bir xil darajada ushlab turganda natijaviy belgi u ga x_1 omilning korrelyatsiyasi juft korrelyatsiyaga nisbatan x_1 va x_3 omillar orasida o‘rtacha bo‘lsada bog‘liqlik borligi sababli ancha kamayganligini (0,574 0,69ga nisbatan) ko‘rsatadi;

$$r_{yx_2 \cdot x_3} = \frac{r_{yx_2} - r_{yx_3} \cdot r_{x_2x_3}}{\sqrt{(1 - r_{yx_3}^2) \cdot (1 - r_{x_2x_3}^2)}} = \frac{0,58 - 0,55 \cdot 0,41}{\sqrt{(1 - 0,55^2) \cdot (1 - 0,41^2)}} = 0,465,$$

ya’ni, x_3 omilni bir xil darajada ushlab turilganda natijaviy belgi u ga x_2 omilning ta’siri uncha yuqori emas (0,465 0,58ga nisbatan);

$$r_{yx_3 \cdot x_1} = \frac{r_{yx_3} - r_{yx_1} \cdot r_{x_3 x_2}}{\sqrt{(1 - r_{yx_1}^2) \cdot (1 - r_{x_3 x_2}^2)}} = \frac{0,55 - 0,69 \cdot 0,50}{\sqrt{(1 - 0,69^2) \cdot (1 - 0,50^2)}} = 0,327,$$

bu natijadan x_1 omilni u ga ta'siri birdek bo'lib turganda, x_3 ning u bilan korrelyatsiyasi kamayganligini ko'rsatadi (0,327 0,55ga nisbatan);

$$r_{yx_3 \cdot x_2} = \frac{r_{yx_3} - r_{yx_2} \cdot r_{x_3 x_2}}{\sqrt{(1 - r_{yx_2}^2) \cdot (1 - r_{x_3 x_2}^2)}} = \frac{0,55 - 0,58 \cdot 0,41}{\sqrt{(1 - 0,58^2) \cdot (1 - 0,41^2)}} = 0,420,$$

ya'ni, x_2 omilning ta'siri o'zgarmagan holda x_3 omilning u natijaviy belgini ta'siri uncha axamiyatga ega emas (0,55 0,420ga nisbatan).

Ikkinchi tartibli xususiy korrelyatsiya koeffitsientlarini hisoblab chiqamiz.

$$r_{yx_1 \cdot x_2 x_3} = \frac{r_{yx_1 x_2} - r_{yx_3 x_2} \cdot r_{x_1 x_3 x_2}}{\sqrt{(1 - r_{yx_3 x_2}^2) \cdot (1 - r_{x_1 x_3 x_2}^2)}} = \frac{0,585 - 0,420 \cdot 0,385}{\sqrt{(1 - 0,420^2) \cdot (1 - 0,385^2)}} = 0,505,$$

bu natija x_2 va x_3 omillar o'zgaras bo'lgan holda x_1 ning u bilan korrelyatsiyasi birinchi tartibli xususiy korrelyatsiyaga nisbatan (x_2 omil o'zgaras bo'lgan holda) yanada kamayganligini ko'rsatadi: 0,69; 0,585 va 0,505.

$$r_{yx_2 \cdot x_1 x_3} = \frac{r_{yx_2 x_1} - r_{yx_3 x_1} \cdot r_{x_2 x_3 x_1}}{\sqrt{(1 - r_{yx_3 x_1}^2) \cdot (1 - r_{x_2 x_3 x_1}^2)}} = \frac{0,409 - 0,327 \cdot 0,234}{\sqrt{(1 - 0,327^2) \cdot (1 - 0,234^2)}} = 0,362,$$

bu holatda avvalgi hisoblashlarga qaraganda x_1 omilni ta'siri o'zgaras bo'lganda x_2 bilan u ning korrelyatsiyasi 0,409 bo'lgan edi, x_1 va x_3 omillarning ta'sirlari o'zgaras bo'lgan holatda esa korrelyatsiya 0,362gacha kamayganini ko'rish mumkin.

$$r_{yx_3 \cdot x_1 x_2} = \frac{r_{yx_3 x_1} - r_{yx_2 x_1} \cdot r_{x_2 x_3 x_1}}{\sqrt{(1 - r_{yx_2 x_1}^2) \cdot (1 - r_{x_2 x_3 x_1}^2)}} = \frac{0,327 - 0,409 \cdot 0,234}{\sqrt{(1 - 0,409^2) \cdot (1 - 0,234^2)}} = 0,261,$$

bu holatda esa x_1 omil o'zgaras bo'laganda x_3 bilan u ning juft korrelyatsiyasi 0,55dan 0,327ga kamaygan edi, x_1 va x_2 omillarning o'zgarmagan holatida x_3 ning u bilan korrelyatsiyasi 0,261ga teng bo'ldi. Hisoblash natijalaridan u ning x_1 , x_2 va x_3 omillar bilan ikkinchi tartibli xususiy korrelyatsiyasi (0,505; 0,362 va 0,261) juft korrelyatsiyasiga nisbatan (0,69; 0,58 va 0,55) kamayganligini ko'rish mumkin.

Rekkurent formula bilan hisoblangan xususiy korrelyatsiya koeffitsientlari -1 dan +1gacha bo'lgan oraliqda o'zgaradi, ko'p omilli determinatsiya koeffitsienti formulasida hisoblanganlari esa 0 dan 1gacha oraliqda o'zgaradi. Ularni bir-birlari bilan taqqoslash omillarni natija bilan bog'lanish kuchi bo'yicha ranjirlash (tartiblashtirish) imkonini beradi. Xususiy korrelyatsiya koeffitsientlari standartlashtirilgan regressiya koeffitsientlari (β -koeffitsientlar) asosida, omillarni natijaga ta'siri bo'yicha ranjirlanganligini tasdiqlagan holda, ko'p omilli determinatsiya koeffitsientlaridan farqli ravishda har bir omilni natija bilan bog'lanish zichligini aniq o'lchamini toza holda beradi.

Agar $t_y = \beta_{x_1} \cdot t_{x_1} + \beta_{x_2} \cdot t_{x_2} + \beta_{x_3} \cdot t_{x_3}$ standartlashtirilgan regressiya tenglamasidan $\beta_{x_1} > \beta_{x_2} > \beta_{x_3}$ ekanligi kelib chiqsa, ya'ni natijaga ta'sir kuchi bo'yicha omillarning tartibi x_1, x_2, x_3 bo'lsa, xususiy korrelyatsiya koeffitsientlari ham huddi shu tartibda $r_{yx_1 \cdot x_2 \cdot x_3} > r_{yx_2 \cdot x_1 \cdot x_3} > r_{yx_3 \cdot x_1 \cdot x_2}$ bo'ladi.

Xususiy korrelyatsiya va regressiyaning standartlashtirilgan koeffitsientlarining o'zaro muvofiqligi ikki omilli tahlilda ularning formulalarini taqqoslaganda yaqqol ko'rinadi. Standartlashtirilgan masshtabdagi $t_y = \beta_{x_1} \cdot t_{x_1} + \beta_{x_2} \cdot t_{x_2}$ regressiya tenglamasi uchun β -koeffitsientlar quyidagi normal tenglamalar sistemasining echimidan kelib chiqib quyidagi formulalar yordamida aniqlanishi mumkin:

$$\begin{cases} \beta_{x_1} = \frac{r_{yx_1} - r_{yx_2} \cdot r_{x_1x_2}}{1 - r_{x_1x_2}^2}, \\ \beta_{x_2} = \frac{r_{yx_2} - r_{yx_1} \cdot r_{x_1x_2}}{1 - r_{x_1x_2}^2} \end{cases}$$

Ularni $r_{yx_1x_2}$ va $r_{yx_2x_1}$ xususiy korrelyatsiya koeffitsientlarini hisoblashning rekkurent formulalari bilan taqqoslab, quyidagilarni olish mumkin:

$$r_{yx_1x_2} = \beta_{x_1} \cdot \sqrt{\frac{1 - r_{x_1x_2}^2}{1 - r_{yx_2}^2}}, \quad r_{yx_2x_1} = \beta_{x_2} \cdot \sqrt{\frac{1 - r_{x_1x_2}^2}{1 - r_{yx_1}^2}}.$$

Boshqacha aytganda, ikki omilli taxlilda xususiy korrelyatsiya koeffitsientlari regressiyaning standartlashtirilgan koeffitsientlarini fiksirlangan omilning omil va natija bo'yicha qoldiq dispersiyalari ulushlarining nisbatlarini kvadrat ildizdan chiqarilganiga ko'paytirilganiga teng.

Ekonometrikada xususiy korrelyatsiya koeffitsientlari odatda alohida o'zi hech qanday ahamiyatga ega emas. Asosan ular modellarni shakllantirishda, xususan omillarni saralashda foydalaniladi. Ko'p omilli modellarni qurishda, masalan, o'zgaruvchilarni yo'qotish usuli bilan qurishda, birinchi qadamda barcha omillarni e'tiborga olgan regressiya tenglamasi tuziladi va xususiy korrelyatsiya koeffitsientlari matritsasi hisoblanadi. Ikkinchi qadamda Student t-kriteriyasi bo'yicha xususiy korrelyatsiya ko'rsatkichining qiymati eng kichik va ahamiyatsiz bo'lgan omil saralanadi. Uni modeldan chiqarib tashlab yangi regressiya tenglamasi tuziladi. Bu amallarni bajarish barcha xususiy korrelyatsiya koeffitsientlari nolga yaqinlashguncha davom ettiriladi. Agar muhim bo'lmagan omillar chiqarib tashlangan bo'lsa, u holda ketma-ket ikki qadamda tuzilgan regressiya modelining ko'p omilli determinatsiya koeffitsientlari bir-biridan deyarli farq qilmaydi, ya'ni $R_{p+1}^2 \approx R_p^2$, bu yerda r -omillar soni.

Yuqoridagi xususiy korrelyatsiya koeffitsienti formulalaridan bu ko'rsatkichlarni korrelyatsiya koeffitsientlari bilan bog'liqligini ko'rish mumkin. Xususiy korrelyatsiya koeffitsientlarini (ketma-ket birinchi, ikkinchi va yuqori tartiblarini) bilgan holda quyidagi formuladan foydalanib korrelyatsiya koeffitsientlari to'plamini aniqlash mumkin:

$$R_{yx_1x_2\dots x_p} = (1 - (1 - r_{yx_1}^2) \cdot (1 - r_{yx_2 \cdot x_1}^2) \cdot (1 - r_{yx_3 \cdot x_1x_2}^2) \dots (1 - r_{yx_p \cdot x_1x_2 \dots x_{p-1}}^2))^{1/2}.$$

Natijaviy belgi o'rganilayotgan omillarga to'liq bog'liq bo'lganda ularni birgalikdagi ta'siri koeffitsienti birga teng bo'ladi. Tahlilga omillarni ketma-ket kiritilishi natijasida hosil bo'lgan natijaviy belgining qoldiq variatsiyasi ulushi birdan ayriladi $(1-r^2)$. Natijada ildiz ostidan chiqarilgan ifoda barcha o'rganilayotgan omillarni birgalikdagi ta'sirini tavsiflaydi.

Yuqorida keltirilgan uch omilli misolda ko‘p omilli korrelyatsiya koeffitsienti qiymati 0,770ga teng,

$$R_{y,x_1,x_2,x_3} = (1 - (1 - 0,69) \cdot (1 - 0,409) \cdot (1 - 0,261))^{1/2} = 0,770.$$

Ko‘p omilli korrelyatsiya koeffitsienti qiymati har doim xususiy korrelyatsiya koeffitsientining qiymatidan katta(yoki teng) bo‘ladi. Bizning misolimizda xususiy korrelyatsiya koeffitsienti 0,505ga, ko‘p omilli korrelyatsiya koeffitsienti 0,770ga teng.

Nazorat uchun savollar

1. Regressiyaning xususiy tenglamasi qanday yoziladi?
2. Juft regressiyadan regressiyaning xususiy tenglamasini farqi nimadan iborat?
3. Elastiklikning xususiy koeffitsienti nimani anglatadi va u qanday aniqlaniladi?
4. Regressiyaning xususiy tenglamasida o‘rtacha elastiklik va omillar uchun elastikliklar qanday hisoblanadi?
5. Ko‘p omilli regressiya tenglamasining ahamiyatligi qanday baholanadi?
6. Ko‘p omilli korrelyatsiya koeffitsienti nimalarni tavsiflaydi va u qanday aniqlaniladi?
7. Ko‘p omilli korrelyatsiya indeksi juft omilli korrelyatsiya indeksiga nisbatan qanday munosabatda bo‘lishi kerak va u juft korrelyatsiya koeffitsienti orqali qanday aniqlaniladi?
8. Korrelyatsiya koeffitsienti to‘plami deganda nimani tushunasiz?
9. Korrelyatsiyaning xususiy koeffitsienti deganda nimani tushunasiz va u qanday maqsadlarda qo‘llaniladi?
10. Omillar orasidagi bog‘lanish Chiziqsiz holda uning bog‘lanish kuchi qaysi koeffitsient orqali topiladi?

8-BOB. EKONOMETRIK MODELLARNI BAHOLASH

8.1. Ekonometrik modellarning iqtisodiy tahlilida verifikatsiya bosqichining ahamiyati.

8.2. Ekonometrik modellar sifati va ahamiyatini mezonlar bo'yicha baholash.

8.3. Regressiya tenglamaning parametrlarni baholarining xususiyatlari.

8.1. Ekonometrik modellarning iqtisodiy tahlilida verifikatsiya bosqichining ahamiyati

Identifikatsiya qilish bosqichidan keyin qo'yidagi savollar tug'iladi:

Tuzilgan modeli maqsadga muvofiqmi, ya'ni uning prognozlash va imitatsion hisoblar uchun ishlatilishi kutilayotgan natijalar haqiqatga adekvatli natijalarni beradimi.

Tuzilgan modelga asoslangan prognozlash va imitatsion hisoblarning aniqligi nimadan iborat?

Ushbu savollarga javob olish ekonometrik modelning verifikatsiya muammosi mazmunidir. Verifikatsiya usullari gipotezalarning statistik tekshiruvi va statistik baholashning turli usullarining aniqlik xususiyatlarini statistik tahlil qilishga asoslangan.

Bu, shuningdek, ekonometrik modellarda qo'llaniladigan verifikatsiya bosqichida retrospektiv hisoblash tamoyilini ta'kidlash lozim. Tamoyilini mohiyati bo'yicha dastlabki statistik ma'lumotlar ikki qismga bo'linadi:

haqiqiy, ma'lumotlar qoldig'ini tashkil topgan kuzatuvlar va ko'riklar namunadagi ba'zi tashkil topgan ta'lim majmui:

Bundan tashqari qadamlar ta'lim namuna uchun spetsifikatsiya va identifikatsiya amalga oshiriladi. Olingan model misol ekzogen o'zgaruvchilarni barpo etilgan va (ilgari orqaga) endogen o'zgaruvchilarni olingan model qadriyatlarini o'rganib etiladi. ko'rib chiqish namunasi haqiqiy qadriyatlar bilan

mos keladigan model bilan ushbu qadriyatlar solishtirish model topilmalar haqiqatga va aniqlik malakasi tahlil qilish bizga beradi.

Tahlil qilinayotgan qatorlar dinamikasi har doim anchagina uzunroq qatorlarning tanlamasi hisoblanadi. Shuning uchun korrelyatsion-regerssion tahlil asosida olingan ekonometrik modellarning ishonchliligini har tomonlama tekshirish va baholash lozim.

Tuzilgan ekonometrik ahamiyatliligi, ishonchliligi va keyinchalik bashoratlashda qo'llash mumkinligi quyidagi mezonlar asosida baholanadi:

1. Ekonometrik modellarni ahamiyatini Fisher mezoni va approksimatsiya xatoligi yordamida baholash.
2. Ekonometrik modellar sifatini ko'p omilli korrelyatsiya koeffitsienti va determinatsiya koeffitsienti yordamida baholash.
3. Ekonometrik model parametrlarini Styudent mezoni yordamida baholash.
4. Qatorlarda qoldiq avtokorrelyatsiyani Darbin-Uotson mezoni bo'yicha baholash.

8.2. Ekonometrik modellar sifati va ahamiyatini mezonlar bo'yicha baholash

Regressiya tenglamasi sifatini baholash. F-Fisher mezoni.

Olingan regressiya tenglamasining sifatini baholash dispersion tahlil qilish usullariga asoslangan.

Natijaviy ko'rsatkich y_i ning qiymatlari ikkita y_i va e_i komponentlarning yig'indisi sifatida ifodalanishi mumkin

$$y_i = y_i + e_i \quad (8.1)$$

Kattalik $y_i = a + b \cdot x_i$ kuzatuv i uchun y ning hisoblangan qiymati. Qoldiq e_i natijaviy ko'rsatkich u ning kuzatiladigan va hisoblangan qiymatlari orasidagi farq yoki regressiya tenglamasi yordamida tushuntirilmagan u o'zgaruvchining qismi.

(8.1) dan o'zgaruvchining kuzatilgan qiymatlari $D(y)$ dispersiyaning, uning hisoblangan qiymatlari $D(\hat{y})$ ning va $D(e)$ qoldiqlari (qoldiq dispersiyalar $D_{qoldiq} = D(e)$) o'rtasidagi quyidagi munosabati kelib chiqadi:

$$D(y) = D(\hat{y}) + D(e) \quad (8.2)$$

$$D(\hat{y}) = \frac{1}{n} \sum (y_i - \bar{y})^2$$

$$D(y) = \frac{1}{n} \sum (y_i - \bar{y})^2$$

$$D(e) = D_{qoldiq} = \frac{1}{n} \sum (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad \text{va} \quad M(e) = 0$$

bo'lsa (7.1) quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 = \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2 + \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$$

O'zgaruvchi y ning ta'riflangan qismi $D(\hat{y})$ ning umumiy dispersiyasi $D(y)$ ga munosabati

$$R^2 = \frac{D(\hat{y})}{D(y)} \quad \text{yoki} \quad R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (8.3)$$

determinatsiya koeffitsienti deb ataladiva regressiya tenglamasi sifati yoki bog'lanish modelinixarakterlash uchun ishlatiladi.

Ushbu (8.3) munosabati quyidagi shaklda ifodalanishi mumkin

$$R^2 = 1 - \frac{D_{qoldiq}}{D(y)} \quad \text{yoki} \quad R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (8.4)$$

Determinatsiya koeffitsienti R^2 0 va 1 oralig'ida o'zgaradi

$$0 \leq R^2 \leq 1$$

Determinatsiya koeffitsienti R^2 natijaviy ko'rsatkich y ning dispersiyasining qancha qismi regressiya tenglamasi bilan izohlanganligini ko'rsatadi. Masalan,

$R^2 = 0,56$ bo'lsa regressiya tenglamasi natijaviy ko'rsatkich dispersiyasini 56% tashkil qilganini ko'rsatadi.

R^2 qanchalik katta bo'lsa, natijaviy ko'rsatkich y ning dispersiyasi regressiya tenglamasidan kelib chiqadi va regressiya tenglamasi dastlabki ma'lumotni yaxshiroq ta'riflaydi. y va x o'rtasidagi munosabatlar bo'lmasa, determinatsiya koeffitsient R^2 nolga yaqin bo'ladi. Shunday qilib, regressiya tenglamasining sifatini (aniqligini) baholash uchun determinatsiya koeffitsient R^2 dan foydalanish mumkin.

Quyidagi savol tug'iladi: R^2 ning qaysi qiymatlari uchun regressiya tenglamasi statistika jihatidan ahamiyatsiz deb hisoblanadigan bo'lib, uni tahlil qilishda asossiz deb biladi. Bu savolga Fisherning F -mezonida javob berilgan.

Kuydagi belgilashlarni kiritamiz:

$TSS = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$ - chetlanish kvadratlarning to'liq yig'indisi;

$ESS = \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2$ - chetlanish kvadratlarning tushuntirilgan yig'indisi;

$RSS = \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2$ - chetlanish kvadratlarning tushuntirilmagan yig'indisi.

Ma'lumki,

$$F = \frac{\frac{ESS}{k}}{\frac{RSS}{n-m-1}} \quad (8.5)$$

bu yerda k -regressiya tenglamasining bog'liq bo'lmagan o'zgaruvchilar soni (juft regressiya uchun $k=1$), ya'ni normal taqsimlangan xatolik uchun ε_i Fisherning F -statistikasi (Fisher qonuniga muvofiq taqsimlangan tasodifiy miqdor) $k_1 = k$, $k_2 = n - k - 1$ erkinlik darajalari bilan.

Fisherning F -mezoniga ko'ra, regressiya tenglamasining statistik ahamiyatsizligi (ya'ni F qiymatining noldan statistik jihatdan ahamiyatsiz farqligi) haqida H_0 «nollik» gipoteza. Bu gipoteza $F > F_{\text{jadval}}$ shartni qondirganda rad

etilmoqda, bu yerda F_{jadval} Fisher F -mezonining jadvalidan α darajaga ega bo'lgan va $k_1 = k$, $k_2 = n - k - 1$ erkinlik darajalari bilan aniqlanadi.

Statistik gipotezalarda ahamiyatlilik darajasi (α belgisi) to'g'ri gipotezani rad etish ehtimolideb ataladi (bu birinchi turdagi xatolik). Ahamiyatlilik darajasi α odatda 0,05 va 0,01 qiymatlarni qabul qiladi, bu esa birinchi turdagi xatolarning 5% va 1% gacha bo'lish ehtimoliga to'g'ri keladi.

(7.4) dan foydalanib, F qiymatini R^2 determinatsiya koeffitsienti bo'yicha ifodalanishi mumkin

$$F = \frac{R^2}{1-R^2} \cdot \frac{n-k-1}{k} \quad (8.6)$$

Masalan 30 ta kuzatuvlar bo'yicha qo'yidagi regressiya teglamasi olingan

$$y = 50,5 + 3,2x \text{ ba } R^2 = 0,6$$

Uning muhimligini $\alpha = 0,05$ ahamiyatligi darajasida tekshirish kerak.

$k = 1$ ni hisobga olgan holda F -statistikasining qiymatini aniqlaylik

$$F = \frac{R^2}{1-R^2} \cdot \frac{n-k-1}{k} = \frac{0,6}{1-0,6} \cdot \frac{30-1-1}{1} = \frac{0,6}{0,4} \cdot 28 = 42$$

Fisherning F - kriteriyasi jadvali buyicha:

$$k_1 = k = 1, \quad k_2 = n - k - 1 = 30 - 1 - 1 = 28 \text{ ba } \alpha = 0,05$$

$F_{\text{jadval}} = 4,2$. $F = 42 > F_{\text{jadval}} = 4,2$ bo'lgani uchun regressiya tenglamaning statistik ahamiyatligi to'g'risida xulosa qilishimiz mumkin.

Styudentning t mezoni.

Regressiya va korrelyatsiya koeffitsientlarining statistik ahamiyatini baholash uchun Styudentning t -mezoni va har bir ko'rsatkich uchun ishonchlilik intervallari aniqlanadi.

Ko'rsatkichlarning tasodifiy tabiatiga nisbatan H_0 gipoteza, ya'ni ularning noldan ahamiyatsiz farqliligi to'g'risida. Regressiya va korrelyatsiya koeffitsientlarining ahamiyati Styudent t -mezonidan foydalangan holda ularning

qiymatlarini ularning tasodifiy xatosi bilan taqqoslash yo'li bilan amalga oshiriladi:

$$t_b = \frac{b}{m_b}; t_a = \frac{a}{m_a}; t_r = \frac{r}{m_r};$$

Tasodifiy xatolar chiziqli regressiya parametrlarining va korrelyatsiya koeffitsienti formulalar bilan aniqlanadi:

$$m_b = \sqrt{\frac{\sum (y - y_x)^2 / (n - 2)}{\sum (x - \bar{x})^2}} = \sqrt{\frac{S_{ocm}^2}{\sum (x - \bar{x})^2}} = \frac{S_{ocm}}{\sigma_x \sqrt{n}};$$

$$m_a = \sqrt{\frac{\sum (y - y_x)^2}{(n - 2)} \frac{\sum x^2}{n \sum (x - \bar{x})^2}} = \sqrt{S_{ocm}^2 \frac{\sum x^2}{n^2 \sigma_x^2}} = S_{ocm} \frac{\sqrt{\sum x^2}}{n \sigma_x};$$

$$m_{r_{xy}} = \sqrt{\frac{1 - r_{xy}^2}{n - 2}}.$$

t -statistikani haqiqiy t_{xak} va kritik (jadval) $t_{\text{жадвал}}$ qiymatini solishtirib H_0 gipotezani qabul qilamiz yoki rad etamiz.

Fisherning F -mezoni va Styudent t -statistika o'rtasidagi bog'liqlik tenglik bilan ifodalanadi

$$t_r^2 = t_b^2 = \sqrt{F}.$$

Agar $t_{\text{жадвал}} < t_{xak}$ bo'lsa H_0 rad etiladi, ya'ni a , b va r_{xy} tasodifan noldan farq qilmaydi va sistematik ta'sir qiluvchi omil x ta'siri ostida hosil bo'ladi. Agar $t_{\text{жадвал}} > t_{xak}$, H_0 gipoteza rad etilmaydi va a , b va r_{xy} ning shakllanishining tasodifiy tabiati tan olinmaydi.

Ishonch oralig'ini hisoblash uchun har bir ko'rsatkich uchun chekli xato Δ aniqlanadi:

$$\Delta_a = t_{\text{жадвал}} m_a, \quad \Delta_b = t_{\text{жадвал}} m_b,$$

Ishonch oralig'ini hisoblash uchun formulalar quyidagicha:

$$\gamma_a = a \pm \Delta_a; \gamma_{a_{\min}} = a - \Delta_a; \gamma_{a_{\max}} = a + \Delta_a;$$

$$\gamma_b = b \pm \Delta_b; \gamma_{b_{\min}} = b - \Delta_b; \gamma_{b_{\max}} = b + \Delta_b;$$

Agar ishonch oralig'i chegarasiga nol tushib qolsa, ya'ni pastki chegara salbiy bo'lsa va yuqori chegara ijobiy bo'lsa, unda baholanadigan parametr nolga teng, chunki u bir vaqtning o'zida ham ijobiy, ham manfiy qiymatlarni qabul qila olmaydi.

y_p prognoz qiymatlari $y_x = a + bx$ regressiya tenglamasida mos keladigan (prognozlangan) x_r qiymatini almashtirish bilan aniqlanadi. m_{y_p} prognozning o'rtacha standart xatosi quyidagicha hisoblanadi:

$$m_{y_p} = \sigma_{\text{kol}} \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(x_p - \bar{x})^2}{\sum (x - \bar{x})^2}},$$

bu yerda $\sigma_{\text{kol}} = \sqrt{\frac{\sum (y - \bar{y})^2}{n - m - 1}}$;

Va prognozlash uchun ishonch intrevali tuziladi:

$$\gamma_{y_p} = y_p \pm \Delta_{y_p}; \gamma_{y_{p_{\min}}} = y_p - \Delta_{y_p}; \gamma_{y_{p_{\max}}} = y_p + \Delta_{y_p},$$

bu yerda $\Delta_{y_p} = t_{\text{kol}} * m_{y_p}$.

Approksimatsiya xatoligi – bu nazariy y ning y xaqiqiy qiymatlaridan o'rtacha nisbiy chetlanishi

$$\bar{A} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{y_i - \bar{y}_i}{y_i} \right| \cdot 100\%. \quad (8.7)$$

bu yerda n - kuzatuvlar soni

y - asosiy omilni haqiqiy qiymatlari

y - asosiy omilni tekislangan nazariy qiymatlari

Agar \bar{A} qiymat 10-12 foizdan oshmasa, tuzilgan regressiya tenglamasi qoniqarli deb hisoblanadi.

Darbin–Uotson mezon

Darbina-Uotson mezon yoki d – mezon (qoldiqlarning bog‘liq bo‘lmaganligi xossasi ya’ni avtokorrelyatsiya avjud emasligi)

$$d = \frac{\sum_{i=2}^n (e_i - e_{i-1})^2}{\sum_{i=1}^n e_i^2}$$

bu yerda $e_i = y_{xak} - y_{xucob}$

d – mezon $0 \leq d \leq 4$ oraliqda yotadi.

Agar $d < 2$ bo‘lsa, qoldiqlar qatori ijobiy avtokorrelyatsiyaga ega va agar $d > 2$ bo‘lsa salbiy avtokorrelyatsiyaga ega. d – mezon 4ga yaqin bo‘lsa salbiy avtokorrelyatsiyani mavjudligini bildiradi. d – mezon 0 ga yaqin bo‘lsa ijobiy avtokorrelyatsiya mavjudligini bildiradi.

Darbin-Uotsonning kritik nuqtalarini taqsimlash jadvallari mavjud.

Unda berilgan α statistik ahamiyatliligi qiymat darajasi, n kuzatilishlar soni va omilli o‘zgaruvchilar soni uchun 2ta kattaliklar aniqlaydi: d_1 quyi chegara va d_2 yuqorichegara. Hisoblangan kattaligi d ushbu ikki qiymatlar bilan taqqoslanadi. Quyidagi xolatlar bo‘lishi mumkun:

$0 \leq d \leq d_1$ - ijobiy avtokorrelyatsiya mavjud;

$d_1 \leq d \leq d_2$ - noaniqlik holati va qoldiqlar qatorni qo‘shimcha tekshirishni talab qilinadi;

$d_2 \leq d \leq 2$ avtokorrelyatsiya mavjud emas;

Agar $d > 2$ bo‘lsa unda $d^* = 4 - d$ kattaligini kiritamiz va d kabi tekshiruvni amalga oshiramiz, bunda $0 \leq d^* < d_1$ bo‘lsa salbiy avtokorreliatsiya mavjud bo‘ladi.

8.3. Regressiya tenglamaning parametrlarni baholarining xususiyatlari

Chiziqli bir omilli model qurishda uning ayrim kamchiliklariga e’tiborni qaratmoq lozim. Modelni jarayonning bitta omil yordamida, u hatto hal qiluvchi

omil bo'lgan taqdirda ham haqqoniy yoritib berish mumkin emas. Masalan, paxta xom ashyosini yalpi yig'ib olishni o'rganishda asosiy omil sifatida hosildorlikni olish mumkin, lekin sinchiklab o'rganish natijasida er miqdori va sifati, o'g'itlar (ularni miqdori, sifati, quritish muddati), sug'orish xarakat tartibi va boshqa omillarni ham e'tiborga olish zarur.

Shunday qilib, «asosiy» omillar miqdori cheksiz o'zgarishi mumkin. Bunday masalarni hal etish bir omilli modeldan ko'p omilligacha o'tishni taqozo etadi. Ammo bu ham funktsiyaga asosiy omillardan tashqari yana ko'p sonli ikkinchi darajali omillar ta'sir qilishi hisobiga hisoblashda hatolik bo'lishini rad etmaydi. Ko'pincha ularning ta'siri sezilarsiz va qarama-qarshi xarakterga ega. Ushbu omillarning barcha samarasi, ham musbat ham manfiy qiymatlarni qabul qiluvchi Y tasodifiy o'zgaruvchi bilan baholanadi. Chiziqli bog'liqlik:

$$Y = f(X_1, U) \text{ yoki } Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n, U), \text{ ko'rinishda bo'ladi.}$$

Y o'zgaruvchi quyidagi stoxastik xususiyatlarga ega bo'lgan hato sifatida namoyon bo'ladi:

- ehtimoliy me'yoriy taqsimotga ega bo'ladi;
- nolli o'rtachaga ega;
- chekli dispersiyaga ega;
- o'lchash hatosi hisoblanadi.

Statistik ma'lumot yig'ishda ko'p hollarda parametrning haqiqiy qiymatlari o'rniga yashirin hatoga ega o'lchamlar kiritiladi (ular ob'ektiv, sub'ektiv xarakterga ega bo'lishlari, o'lcham hisoblarining noaniqligi, noaniq hujjat aylanishi, alohida o'lchamlarini sub'ektiv bahosi va boshqalar). Barcha yuqorida sanab o'tilgan kamchiliklar o'lchash hatolarini tenglama hatolariga o'tishiga olib keladi, ya'ni:

$$\begin{aligned} Y &= a_0 + a_1 X + W \\ W &= U + V \end{aligned} \tag{8.8}$$

bunda W -jami hato; U -stoxastik e'tiroz bildirish; V -o'lchash hatosi.

Nisbatan oddiy bog'liqlik deb chiziqli bir omilli bog'liqlik yoki chiziqli ko'p omilli model, u tasodifiy hatoga nisbatan bir necha taxminlarni qabul qilganda

hisoblanadi: o'rtacha nolga teng; dispersiya cust va asosiy omillarga bog'liq emas va tasodiy hato bir-biriga bog'liq emas.

Ko'p omilli holatda: $Y = a_{0i} + a_{1i}X_i + U_i$, a_0 va a_1 koeffittsientlarni quyidagi shartlardan kelib chiqqan holda aniqlash mumkin:

$$E(U) = 0, i \in N$$

$$E(U_i U_j) = \begin{cases} 0 & \text{agar } i \neq j, \quad i, j \in N \\ \sigma_u^2 & \text{agar } i = j, \quad i, j \in N \end{cases} \quad (8.9)$$

Sodda iqtisodiy modellarni ko'rib chiqishda bu masalani standart usuli yordamida yechish mumkin. Eng kichik kvadrat usuli klassik hisoblanadi. Lekin nisbatan murakkabroq vaziyatlarda murakkab ekonometrik modelni ko'rib chiqishda murakkab texnika yo'llardan foydalangan xolda yangi usullarni ishlab chiqish zarur.

Oddiy chiziqli regression modelning to'liq spetsifikatsiyasi regression tenglamadan va 5 ta birlamchi yo'l qo'yishlardan tashkil topgan.

Shu yo'l qo'yishlarni ko'rib chiqamiz. Birinchi ikki taxmin shundan iboratki, X ning xar bir qiymati uchun ε hato nol qiymat atrofida me'yoriy taqsimlangan. Taxmin qilinadiki, ε_i uzluksiz kattalik hisoblanib, o'rtacha atrofida simmetrik taqsimlangan $-\infty$ dan $+\infty$ gacha o'zgaradi va uning taqsimlanishi 2 o'lcham o'rtacha va variatsiya yordamida aniqlanadi.

Demak:

Birinchi taxmin: ε_i - me'yoriy taqsimlangan.

Ikkinchi taxmin: $E(\varepsilon_i) = 0$ - o'rtacha hato nolga teng.

Haqiqatda biz stoxastik hatoni har bir qiymatini, ko'pgina sabablar natijasi sifatida ko'rishimiz mumkinki, bunda har bir sabab bog'liq o'zgaruvchini, u deterministik hisoblanishi mumkin bo'lgan qiymatdan sezilarsiz tarzda og'diradi.

Bunday ko'zdan kechirishda o'lchash hatosi o'xshashi bilan taqsimot hatosi to'g'ri va shuning uchun o'rtacha hatoni me'yoriyligini va nolga tengligi haqida taxminlar o'xshash.

Uchinchi taxmin gomoskediklikka tegishli bo'lib, u har bir hato σ^2 ning qiymati noma'lum bo'lgan bir xil variatsiyaga ekanligini anglatadi. Bu taxmin, masalan X ning katta qiymatlari uchun hato dispersiyasini imkoni, huddi kichik qiymatlardagi kabi degan tasdiq bilan kelishiladi. Yuqorida ko'rib o'tilgan ishlab chiqarish funksiyasida, bu taxminga asosan ishlab chiqarishdagi variatsiya ham, ish kuchi qiymatiga bog'liq emas.

Uchinchi taxmin: Gomoskediklik

$$\text{Var}(\varepsilon_i) = \sigma^2 \quad (8.10)$$

To'rtinchi taxmin: qoldiqdagi avtokorrelyatsiya bilan bog'liq. Taxmin qilinadiki, hatolar orasida avtokorrelyatsiya yo'q, ya'ni avtokorrelyatsiya mavjud emas

$$\text{Cov}(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = 0 \quad i \neq j \quad (8.11)$$

Bu taxmin shuni anglatadiki, agar bugun natijadagi ishlab chiqarish kutilgandan ko'p bo'lsa, bundan ertaga ishlab chiqarish ko'p (yoki kam) bo'ladi degan xulosaga kelish kerak emas.

Birinchi va to'rtinchi taxmin birgalikda ehtimollik nuqtai-nazaridan, taqsimot hatolari bog'liq emas deyish imkonini beradi. Shuning uchun $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$ o'zgaruvchini o'xshash va erkin taqsimlanishi sifatida qaralishi mumkin. $E(\varepsilon_i) = 0$ bo'lgani uchun

$$\text{Var}(\varepsilon_i) = E(\varepsilon)^2 \quad (8.12)$$

Bundan

$$\text{Cov}(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = E(\varepsilon_i, \varepsilon_j) \quad (8.13)$$

Beshinchi tahmin: X erkin o'zgaruvchi stoxastik emasligini tasdiqlaydi. Boshqacha qilib aytganda, X ning qiymatlari nazorat qilinadi yoki butunlay bashorat qilinadi. Bu taxminni muhim qo'llanilishi shundan iboratki, i va j ning barcha qiymatlari uchun

$$E(\varepsilon_i, X_j) = X_j E(\varepsilon_i) = 0 \quad (8.14)$$

Beshinchi taxmin: X qiymatlari stoxastik emas, ular tanlashda tanlov miqyosidan qat'iy nazar o'xshash

$$\left(\frac{1}{n}\right)\sum_{n=1}^n (X_i - X)^2, \quad (8.15)$$

noldan farq qiladi va uning $n \rightarrow \infty$ limiti chekli son.

To'g'ri, amaliyotda ko'rsatilgan tahminlarni mutloq mavjudligiga aniq erishish qiyin, lekin biz agar bu tahminlarga tahminan amal qilinsa qoniqish hosil qilamiz. Yuqorida keltirib o'tilgan tahminlar klassik chiziqli regression model tuzish, regressiya parametrlarini hisoblash uchun zarur.

Regression tenglama va besh taxmin bilan keltirilgan regression modelning to'liq spetsifikatsiyasidan so'ng, endi uni ayrim o'ziga hos tomonlarini ko'rib chiqamiz. Avvalombor, Y bog'liq o'zgaruvchining taqsimot ehtimoliga qaytamiz.

Y_i funksiyaning birinchi o'rtachasi, tenglamaning ikki qismini matematik kutilishi sifatida olinishi mumkin:

$$E(Y_i) = E(\alpha + \beta X_i + \varepsilon_i) = \alpha + \beta X_i \quad (8.16)$$

Bu, α va β parametrlar spetsifikatsiyasidan, X_i ning stoxastik emasligidan (bu berilgan son) va $\varepsilon_i = 0$ o'rtachadan (ikkinchi taxmin) kelib chiqadi.

Keyin Y_i variatsiya bo'lmish

$$\text{Var}(Y_i) = E[Y_i - E(Y_i)]^2 = E[(\alpha + \beta X_i + \varepsilon_i) - (\alpha + \beta X_i)]^2 = E(\varepsilon_i^2) = \sigma^2 \quad (8.17)$$

Har bir X bog'liq o'zgaruvchiga Y o'zgaruvchini o'rtacha qiymatini beruvchi tenglama regressiyaning empirik chizig'i deyiladi.

Bu chiziqni ordinata bilan kesishishi, X ning nolga teng qiymatida Y bahosini o'lchaydigan α kattalikka mos keladi. β ning og'ishi, Y qiymatni X qiymatning har bir qo'shimcha birligiga og'ishdagi o'zgarishini o'lchaydi. Masalan, agar Y yalpi iste'mol, X yalpi daromad ko'rinishida bo'lsa, u holda β nolga teng daromadda iste'mol darajasining chegaraviy og'ishini namoyon qiladi. Bu o'lchamlar qiymatlari noma'lum bo'lgani uchun regressiyaning empirik chizig'i ma'lum emas. α va β ning o'lchamlari qiymatlarini hisoblab,

regressiyaning nazariy chizig'ini olamiz. α va β ning qiymatlari $\hat{\alpha}$ va $\hat{\beta}$ hisoblangandek mos hisoblangan bo'lsa, mos xolda, bunda regressiyaning nazariy chizig'i quyidagi tenglama orqali berilgan :

$$\hat{Y}_i = \hat{\alpha} + \hat{\beta}X_i \quad (8.18)$$

bunda \hat{Y}_i - Y ning tekislangan qiymati.

Barchasi bo'lmasa ham, ko'pchiligi Y empirik qiymatlar nazariy chiziqda yotmaydi, shuning uchun Y_i va \hat{Y}_i qiymatlar mos kelmaydi. Bu farq qoldiq deb ataladi va ε_i bilan belgilanadi. Shuning uchun quyidagi tenglamalar farqlanadi:

$$Y_i = \alpha + \beta X_i + \varepsilon_i \quad (\text{empirik})$$

$$\hat{Y}_i = \hat{\alpha} + \hat{\beta}X_i + \varepsilon_i \quad (\text{nazariy}).$$

Nazorat uchun savollar

1. Avtokorrelyatsiya qachon vujudga keladi?
2. Avtokorrelyatsiyani necha xil usul yordamida bartaraf etish mumkin?
3. Ekonometrik modelni real o'rganilayotgan jarayonga mos kelishini qaysi mezon yordamida aniqlash mumkin?
4. Ekonometrik modeldagi parametrlardan birortasi ishonchsiz bo'lsa, uni nima qilish mumkin?
5. Darbin-Uotson mezoni qiymati qaysi oraliqda o'zgaradi?
6. Bashorat modelini adekvatligini baholovchi mezonlari.
7. Omillarni tanlash va bosqichini asosiy shartlarini aytib bering.
8. Korrelyatsiya koeffitsientini mustahkamlashni aniqlashda Student mezonini qo'llanilishi.
9. Bashorat modelini tanlashda kaday mezonlar qo'llanadi?

9-BOB. VAQTLI QATORLAR

9.1. Vaqtli qatorlar to‘g‘risida umumiy tushunchalar.

9.2. Multiplikativ va additiv modellarning tarkibiy tuzilishi.

9.3. Vaqtli qatorlarni tekislash usullari.

9.1. Vaqtli qatorlar to‘g‘risida umumiy tushunchalar

Ma’lum bir davrdagi turli ijtimoiy – iqtisodiy hodisalarni vaqt bo‘yicha (dinamikada) xarakteristikalarini ifodalash va tahlili qilish uchun bu jarayonlarni xarakterlovchi ko‘rsatkichlar va usullardan foydalaniladi.

Adabiyotlarda dinamik qator va vaqtli qator tushunchalaridan foydalaniladi. “Dinamik qatorlar” tushunchasi bir muncha tor ma’noda – belgining o‘shishga (pasayishga) ma’lum bir tendentsiyasi bor bo‘lgan, yo‘naltirilgan o‘zgarishi sifatida talqin etiladi. Vaqtli qator tushunchasi ostida albatta ma’lum bir tendentsiyaga ega bo‘lishi shart bo‘lmagan, ya’ni qandaydir ko‘rsatkichni darajasini statistik ketma-ketligi ko‘rinishida bo‘lgan qatorlar darajasi tushuniladi. Shunday qilib, “vaqtli qator”- bir muncha umumiy tushunchadir. Bunday qator qandaydir ko‘rsatkichni ham dinamik, ham statsionar tashkil etuvchilar darajalari ketma-ketligini o‘z ichiga oladi. Ammo adabiyotlarda ko‘pincha “dinamik qator”, yoki “qator dinamikasi” termini qo‘llaniladi.

Dinamik qator- ketma-ket (xronologik tartibda) joylashgan statistik ko‘rsatkichlar qatori, ularning o‘zgarishi o‘rganilayotgan hodisani ma’lum bir rivojlanish tendentsiyaga egaligi ko‘rsatadi. Dinamik qator lag tashkil etuvchisini o‘z ichiga oladi.

Vaqtli qator-vaqt bo‘yicha ketma – ket tartibda joylashgan sonli ko‘rsatkichlar qatori bo‘lib, ular hodisa yoki jarayonni holati darajasi va o‘zgarishini xarakterlaydi.

Vaqtli qatorning asosiy elementlari:

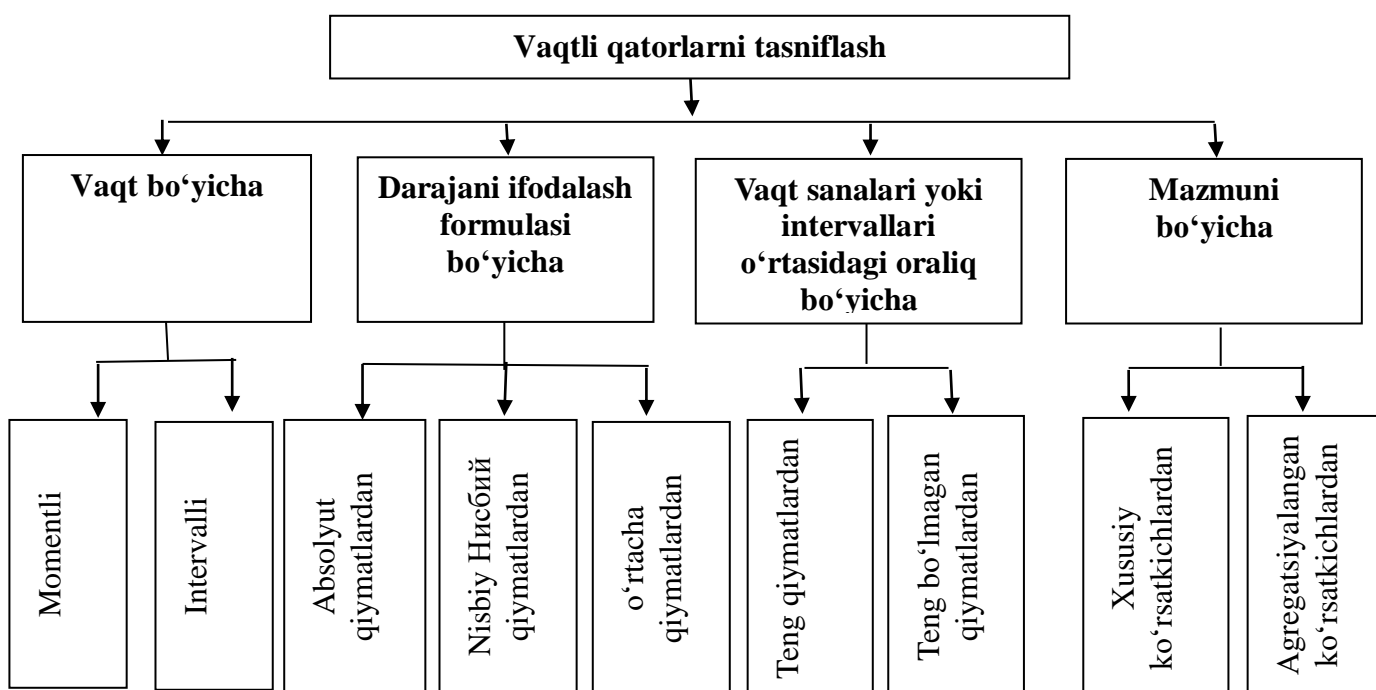
– Vaqt ko‘rsatkichi

- Qator darajasiu

Vaqt ko‘rsatkichidan bog‘langan holda vaqtli qatorlar momentli (ma‘lum bir sanaga) va intervalliga (ma‘lum bir davr ichida) tasniflanadi (klassifikatsiyalanadi) (9.1.-rasm.)

Vaqtli qatorlar turlari:

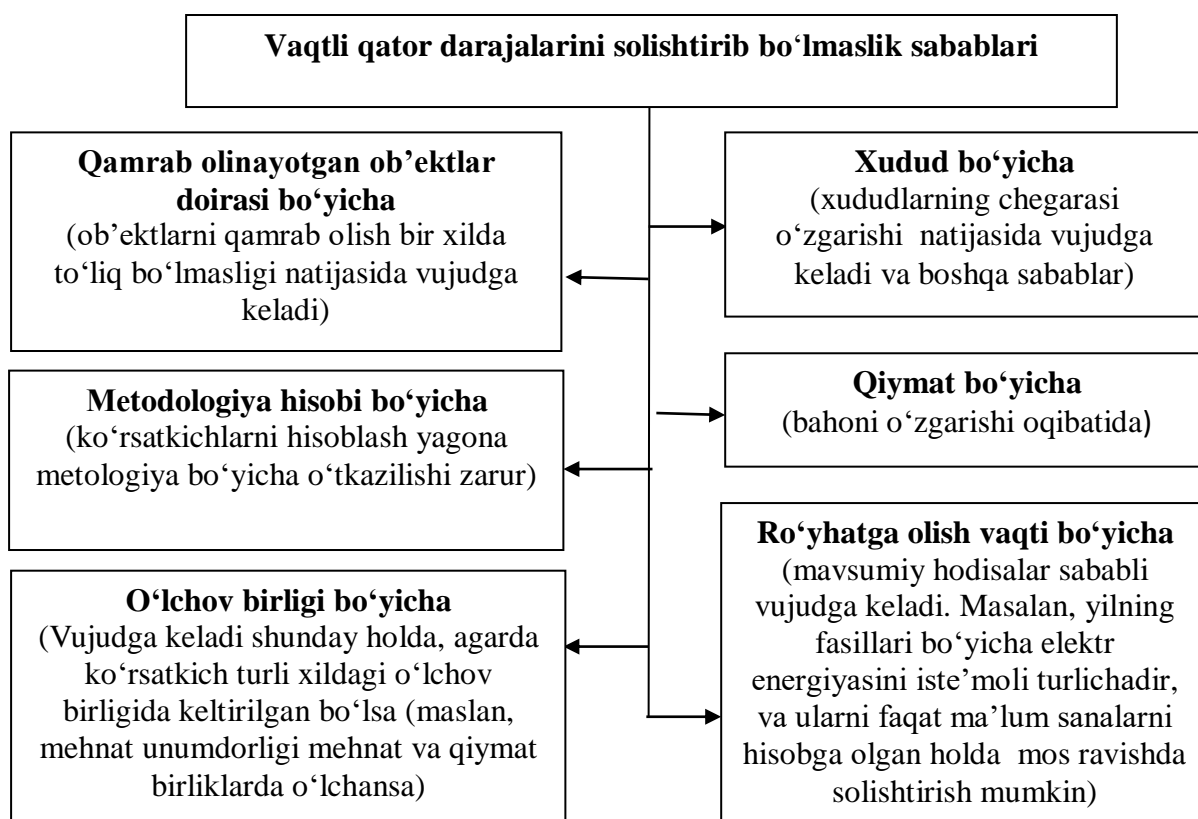
- Momentli (ma‘lum bir sanaga)
- Intervalli (ma‘lum bir davr ichida).



9.1.-rasm. Vaqtli qatorlarni tasnifi

Shuningdek, vaqtli qatorlar sanalar o‘rtasidagi **oralik** va ko‘rsatkichlarni **mazmuni** bo‘yicha farqlanadi. **Mazmuni** bo‘yicha vaqtli qatorlar ko‘rsatkichlari **xususiy va agregatsiyalangan** ko‘rsatkichlaridan tashkil topadi. Xususiy ko‘rsatkichlar hodisa va jarayonlarni ajratib, bir tomonlama xarakterlaydi (masalan, sutkada o‘rtacha suv iste‘mol qilish hajmi ko‘rsatkichining dinamikasini): agregatsiyalangan ko‘rsatkichlar hususiy ko‘rsatkichlardan hosila hisoblanadi va o‘rganilayotgan xodisa va jarayonni kompleks xarakterlaydi (masalan, iqtisodiy kon’yunkturaning ko‘rsatkichlarini dinamikasi)

Vaqtli qatorlarni tuzishda ma'lum qoidalarga rioya qilish kerak (talablarga), ular ma'lum bir shartlarni bajarmaslik oqibatida yuzaga kelishi mumkin, bu esa qatorni solishtirib bo'lmaydigan holga olib kelishi mumkin (9.2.-rasm).



9.2.-rasm. Vaqtli qator darajalarini solishtirib bo'lmilik sabablari

9.2. Multiplikativ va additiv modellarning tarkibiy tuzilishi

Vaqtli qatorning umumiy tashkil etuvchi komponentalari:

$$y_t = u_t + \gamma_t + \varepsilon_t \quad \text{yoki} \quad y_t = u_t * \gamma_t * \varepsilon_t$$

bu yerda

u_t —qatorning umumiy tendentsiyasini xarakterlovchi, doimiy (asosiy) komponenta;

γ_t —mavsumiy komponenta (yil ichidagi tebranishlar) umumiy ko'rinishda - tsiklik tashkil etuvchi;

ε_t —tasodifiy komponenta (tasodifiy chetga chiqish).

Ko‘rinib turibdiki, vaqtli qatorning darajasini shakllantiruvchi barcha komponentlar uchta gruppaga bo‘linadi, Asosiy tashkil etuvchi bo‘lib **trend** hisoblanadi. Undan trendni tashkil etuvchini ajratib olinganidan keyin **mavsumiy** va **tasodifiy** komponentalar qiymati qoladi.

Agarda qatorning tashkil etuvchilarining barchasi aniq topilgan bo‘lsa, unda tasodifiy komponentaning matematik kutilishi nolga teng bo‘ladi va uning o‘rtacha qiymat atrofida tebranishi doimiydir.

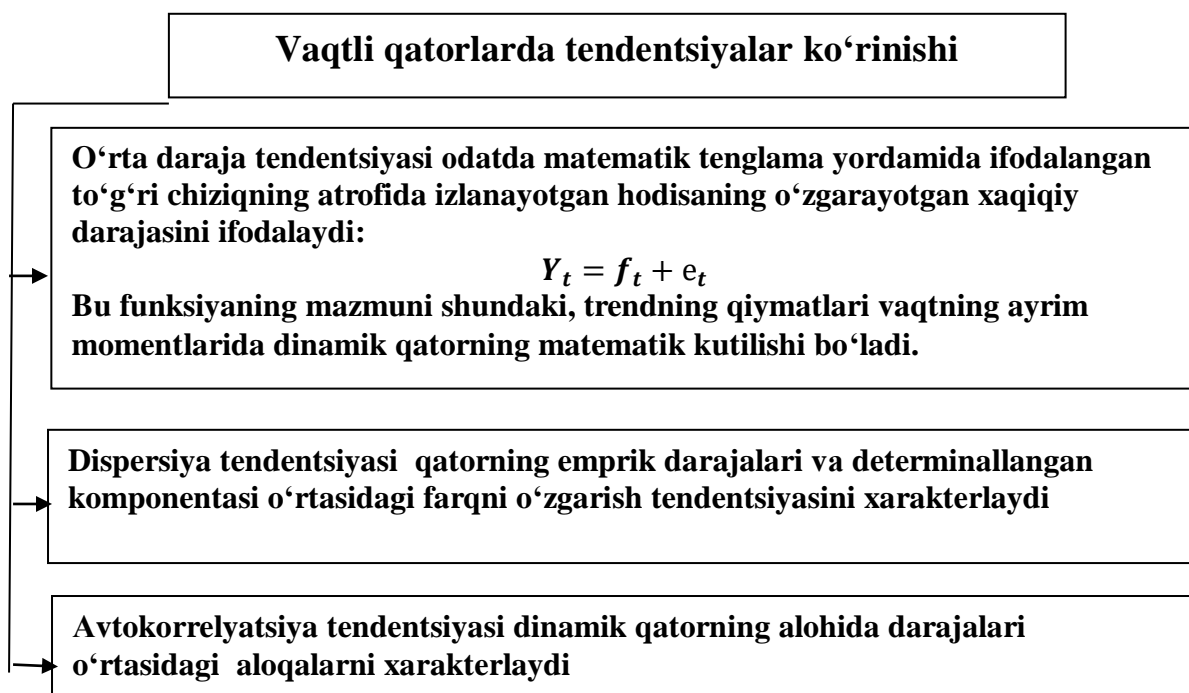
Vaqtli qatorni tashkil etuvchi komponentlarini modellari:

- $y_t = u_t + \gamma_t + \varepsilon_t$ – additiv
- $y_t = u_t * \gamma_t * \varepsilon_t$ – multiplikativ

Vaqtli qatorning asosiy komponentasi bo‘lib **trend** hisoblanadi. Trend –bu vaqt bo‘yicha qatorni barqaror tendentsiyasi bo‘lib, ozmi-ko‘pmi tasodifiy tebranishlardan ta’siridan ozoddir.

Murakkab ijtimoiy hodisa va jarayonlarning o‘zgarish tendentsiyalari ko‘rsatkichlarini faqat u yoki bu tenglamalar, trend chiziqlari bilan taxminiy ifodalash mumkin.

Vaqtli qatorlarda odatda uch ko‘rinishdagi tendentsiya ajratiladi (9.3.-rasm).



9.3.-rasm. Vaqtli qatorlarda tendentsiyalar ko‘rinishi

Izlanayotgan trend tenglamasini tanlashda **soddalik printsiptiga** amal qilish kerak, va u bir nechta hildagi chiziqlardan empirik ma'lumotlarga eng yaqinini (bir muncha soddasini) tanlashdan iborat bo'ladi. Buni shu bilan yana asoslashdiki, chizikli trendning tenglamasi qancha murakkab bo'lsa va u qancha ko'p parametrlarni o'z ichiga olsa. ularning yaqinlash darajasi teng bo'lganida ham bu parametrlarni ishonchli baholash shuncha qiyinlashib boradi.

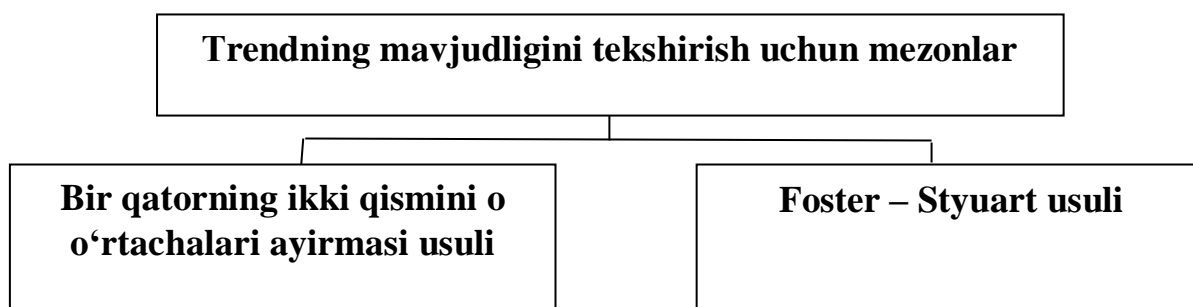
Amaliyotda ko'pincha quyidagi asosiy ko'rinishdagi vaqtli qatorlar trendlaridan foydalaniladi:

- to'g'ri chizikli
- parabola
- eksponentsial
- giperbola
- logistik.

Xuddi shuningdek tendentsiyalar tiplari va trend tenglamalari ham bo'linadi.

Ekonometrik izlanishlarda tanlangan model bo'yicha yuqorida sanab o'tilgan har bir komponentani miqdoriy tahlili o'tkaziladi.

Trendni ajratib olishdan avval, uning mavjudligi to'g'risidagi **gipotezani** tekshirish zarur. Amalda trendning mavjudligini tekshirish uchun bir nechta mezonlar mavjud, ammo asosiy bo'lib sxemada keltirilgan ikkita mezon hisoblanadi.



O'rtachalarni ayirmasini mavjudligi haqidagi gipoteza tekshiriladi: buning uchun vaqtli qator ikki teng yoki deyarli teng qismlarga bo'linadi. Gipotezaning tekshirish mezoni sifatida Styudent mezoni qabul qilinadi.

Agarda $t \gg t_\alpha$ bo'lsa, bunda t – Styudent mezonining hisoblangan qiymati; t_α – mohiyatlilik darajasi α –da jadvaldagi qiymat, unda trendning mavjud emasligi haqidagi gipoteza inkor etiladi; agarda $t < t_\alpha$ bo'lsa u holda (H_0) gipoteza qabul qilinadi.

Foster – Styuart usulihodisaniy tendentsiyasi va vaqtli qator darajalarining dispersiyasini trendini mavjudligi aniqlanadi. Ko'pincha bu usul vaqtli qatorni chuqur tahlil qilishda va uni bo'yicha prognozlarni tuzishda qo'llaniladi

Chiziqli trendning eng soddasi bo'lib to'g'ri chiziq hisoblanadi, va u chiziqli tenglama trendi bilan ifodalanadi:

$$\hat{y}_i = a_0 + a_1 \cdot t_i,$$

bunda \hat{y}_i – i -nomerli yil uchun trendning tekislangan (nazariy) darajalari;

t_i –vaqtli qatorning darajalari tegishli bo'lgan momentlar yoki vaqt davrlari nomerlari;

a_1 –trend parametrlari.

Chiziqli trend parametrlarining xarakteristikasi

Parametr	Parametr mazmuni
a_0	Trend koeffitsienti, sanoq boshi deb qabul qilingan moment darajasi yoki vaqt davri uchun, miqdordan o'rtacha tekislangan darajaga teng bo'ladi.
a_1	Trend koeffitsienti, vaqt birligida qatorning darajalarini o'rtacha o'zgarishini xarakterlaydi.

Trend parametrlari qiymatlarivaeng kichik kvadratlar usuli bo'yicha aniqlanadi. Buning uchun normal tenglamalar tizimi tuziladi:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n y_i = na_0 + a_1 \sum_{i=1}^n t_i \\ \sum_{i=1}^n y_i t_i = a_0 \sum_{i=1}^n t_i + a_1 \sum_{i=1}^n t_i^2 \end{cases}$$

Ikki noma'lumli tenglamalarni echish uchun sanoq boshini qatorning o'rtasiga o'tkaziladi. Vaqt davrlarini qatorning aniq o'rtasidan nomerlaganda

nomerlarning t_i yarmi manfiy qiymat bo‘ladi, va yarmi – musbat, ya’ni bunday holda normal tenglamalar tizimi qisqaradi.

Chiziqli trend uchun soddalashgan normal tenglamalar tizimi:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n y_i = na_0; \\ \sum_{i=1}^n y_i t_i = a_1 \sum_{i=1}^n t_i^2 \end{cases}$$

$$a_0 = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \quad a_1 = \frac{\sum_{i=1}^n y_i t_i}{\sum_{i=1}^n t_i^2}$$

Chiziqli trendning asosiy xususiyatlari:

- 1) Teng vaqt oraliqlarida teng o‘zgarishi
- 2) Agarda o‘rtacha absolyut o‘shish – musbat qiymat, unda nisbiy o‘shish qiymati, yoki orta borish tempi, asta –sekin kamayadi
- 3) Agarda o‘rtacha absolyut o‘zgarish – manfiy qiymat, unda nisbiy o‘zgarish, yoki qisqarish tempi, kamayib borayotgan oldingi darajaga nisbatan asta-sekin absolyut qiymati bo‘yicha ortib boradi
- 4) Agarda darajani qisqarishi tendentsiyasi mavjud bo‘lsa, va o‘rganilayotgan qiymat aniqlanishi bo‘yicha musbat, unda o‘rtacha o‘zgarish o‘rtacha darajadan katta bo‘lishi mumkin emas
- 5) Ketma-ket davrlar uchun absolyut o‘zgarishlarning ayirmasi nolga teng.

Parabolik trend odatda II tartibli polinom orqali ifodalanadi, uning tenglamasi quyidagi ko‘rinishda bo‘ladi:

$$\hat{y}_i = a_0 + a_1 t_i + a_2 t_i^2$$

Parabola tenglamasini parametrlari qiymatlari

Parametr	Parametr mazmuni
a_0	Trend koeffitsienti hisob boshi deb qabul qilingan moment yoki davr uchun, o'rtacha tekislangan darajaga miqdordan teng, ($t_i = 0$)
a_1	Trend koeffitsienti, butun davr ichida yillik o'rtacha ortishni o'rtachasini xarakterlaydi, endi u konstanta hisoblanmaydi, va o'rtacha tezlanish bilan bir tekisda, 2 a_2 teng o'zgaradi
a_2	Tezlanishni xarakterlovchi, tenglamaning bosh parametri

Parabola trendining asosiy xususiyatlari:

1) Teng bo'lmagan, ammo teng vaqt oralig'ida bir tekisda ortib boruvchi yoki kamayib boruvchi absolyut o'zgarishlar kuzatiladi

2) Parabola ikkita shoxga ega: belgining darajasi ortishi bilan yuqoriga yo'naltirilgan va kamayishi bilan pastga yo'naltirilgan bo'ladi

3) Tenglamaning erkin xadi ko'rsatkichning hisob boshi momentidagi qiymati sifatida odatda musbat qiymat bo'ladi, trendning xarakteri va parametrlarning ishoralari bilan aniqlanadi:

a) $a_1 > 0$ va $a_2 > 0$ bo'lganida shoh yuqoriga yo'naltirilgan bo'ladi, ya'ni darajalarni tezlashgan o'sishi kuzatiladi;

b) $a_1 < 0$ va $a_2 < 0$ bo'lganida shoh pastga yo'naltirilgan bo'ladi, ya'ni darajalarni tezlashgan qisqarishi kuzatiladi;

v) $a_1 > 0$ va $a_2 < 0$ bo'lganida shoh yuqoriga yo'naltirilgan bo'ladi, darajalarni sekinlashgan o'sishi kuzatiladi, yoki parabolaning ikkala shoxi - o'sib va pasayib boruvchi, agarda ularni yagona jarayon deb hisoblansa;

g) $a_1 < 0$ va $a_2 > 0$ bo'lganida shoh pastga yo'naltirilgan bo'ladi, ya'ni darajalarni sekinlashgan qisqarishi kuzatiladi, yoki parabolaning ikkala shoxi - pasayib va o'sib boruvchi, agarda ularni yagona jarayon deb hisoblansa;

4) Zanjirli templarning o'zgarishi yoki kamayadi, yokiba'zi vaqtda ortib boradi, ammo etarlicha uzoq vaqt davrida ertami yoki kech o'sish templari albatta

pasayishni boshlaydi, darajaning qisqarish tempi esa $a_1 < 0$ va $a_2 < 0$ bo'lganida albatta o'sishni boshlaydi (nisbiy o'zgarishning absolyut qiymati bo'yicha).

Parabola trendining parametrlari eng kichik kvadratlar usuli bo'yicha hisoblash uchun quyidagi uchta noma'lumli normal tenglamalar tizimi quriladi:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n y_i = na + a_1 \sum_{i=1}^n t_i + a_2 \sum_{i=1}^n t_i^2; \\ \sum_{i=1}^n y_i t_i = a_0 \sum_{i=1}^n t_i + a_1 \sum_{i=1}^n t_i^2 + a_2 \sum_{i=1}^n t_i^3; \\ \sum_{i=1}^n y_i t_i^2 = a_0 \sum_{i=1}^n t_i^2 + a_1 \sum_{i=1}^n t_i^3 + a_2 \sum_{i=1}^n t_i^4 \end{cases}$$

Giperbola ko'rinishining eng sodda formasidan biri – quyidagi ko'rinishdagi tenglamadir:

$$\hat{y}_i = a_0 + \frac{a_1}{t_i}$$

Giperbola tenglamasining parametrlari mazmuni

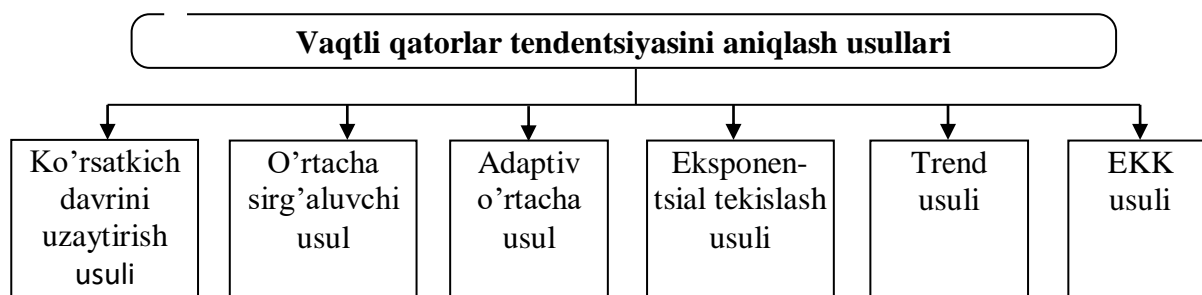
Parametr	Parametr mazmuni
a_0	Giperbola erkin xadi, qatorning darajalari intilayotgan chegara
a_1	Giperbolaning asosiy xadi: <ul style="list-style-type: none"> • agarda $a_1 > 0$ bo'lsa, unda trend pasayib boruvchi darajalar tendentsiyasini ifodalaydi va $t \rightarrow \infty, \hat{y} \rightarrow a_0$ • agarda parametr $a_1 < 0$ bo'lsa, unda t-ning ortishi, ya'ni vaqtni o'tishi bilan. Trend darajalari ortib (o'sib) boradi va a_0 qiymatga intiladi $t \rightarrow \infty$ da.

Giperbola trendining hususiyatlari:

1) $a_1 > 0$ bo'lganida darajalar sekin asta pasayadilar va $y \rightarrow a_0$; xuddi shuningdek manfiy absolyut o'zgarishlar va musbat tezlashishlar qiymati kamayadi; zanjirli temp o'zgarishlari ortadi va 100% intiladi

2) $a_1 < 0$ bo'lganida darajalar sekin asta ortib boradi va $\hat{y} \rightarrow a_0$; xuddi shuningdek musbat absolyut o'zgarishlar va manfiy tezlashishlar qiymati kamayadi; zanjirli temp o'zgarishlari va 100% intilib, sekin – asta kamayadi

9.3. Vaqti qatorlarni tekislash usullari.



9.4.-rasm. Vaqti qatorlarni tekislash usullari¹³

Iqtisodiy qatorlar dinamikasi tendentsiyasini aniqlash vaqtida ko‘pchilik hollarda turli darajadagi polinomlar:

$$\hat{y}(t) = \left[a_0 + \sum_{i=1}^k a_i t^i \right]^u \quad \begin{matrix} (i = -1, 0, 1, \dots, k) \\ (u = -1, 1) \end{matrix}$$

va eksponentsional funksiyalar qo‘llaniladi:

$$\hat{y}(t) = \left[e^{a_0 + \sum_{i=1}^k a_i t^i} \right]^u \quad \begin{matrix} (i = -1, 0, 1, \dots, k) \\ (u = -1, 1) \end{matrix} \quad (9.1)$$

Shuni qayd etib o‘tish lozimki, funksiya shakli tenglashtirilayotgan qatorlar dinamikasi xarakteriga muvofiq, shuningdek, mantiqiy asoslangan bo‘lishi lozim.

Polinomning eng yuqori darajalaridan foydalanish ko‘pchilik hollarda o‘rtacha kvadrat xatolarining kamayishiga olib keladi. Lekin bunday vaqtlarda tenglashtirish bajarilmay qoladi.

Tenglashtirish parametrlari bevosita eng kichik kvadratlar usuli yordamida baholanadi. Ekspontsional funksiya parametrlarini baholash uchun esa boshlang‘ich qatorlar qiymatini logarifmlash lozim.

Normal tenglamalar sistemasi quyidagicha bo‘ladi:

a) *ktartibli* polinom uchun:

$$\begin{cases} na_0 + a_1 \sum t + a_2 \sum t^2 + \dots + a_k \sum t^k = \sum y \\ a_0 \sum t + a_1 \sum t^2 + a_2 \sum t^3 + \dots + a_k \sum t^{k+1} = \sum yt \\ \dots \\ a_0 \sum t^k + a_1 \sum t^{k+1} + a_2 \sum t^{k+2} + \dots + a_k \sum t^{2k} = \sum yt^k \end{cases} \quad (9.2)$$

¹³ Shodiev T.Sh. va boshqalar. Ekonometrika. O‘quv qo‘llanma. –T.: TDIU, 2010.

b) eksponentsional funktsiya uchun:

$$\begin{cases} na_0 + a_1 \sum t + a_2 \sum t^2 + \dots + a_k \sum t^k = \sum \ln y \\ a_0 \sum t + a_1 \sum t^2 + a_2 \sum t^3 + \dots + a_k \sum t^{k+1} = \sum t \ln y \\ \dots \\ a_0 \sum t^k + a_1 \sum t^{k+1} + a_2 \sum t^{k+2} + \dots + a_k \sum t^{2k} = \sum t^k \ln y \end{cases} \quad (9.3)$$

Agar tendentsiya ko'rsatkichli funktsiyaga ega bo'lsa, ya'ni

$$y_t = a_0 a_1^t$$

bo'lsa, ushbu funktsiyani logarifmlab, parametrlarini eng kichik kvadratlar usuli yordamida aniqlash mumkin. Ushbu funktsiya uchun normal tenglamalar sistemasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\begin{cases} n \ln a_0 + \ln a_1 \sum t = \sum \ln y \\ \ln a_0 \sum t + \ln a_1 \sum t^2 = \sum t \ln y \end{cases} \quad (9.4)$$

Ko'pincha boshlang'ich ma'lumotlar asosida qatorlar dinamikasining rivojlantirish tendentsiyasini tavsiya etish uchun eng qulay funktsiya qaysi biri ekanligini hal qilish masalasi murakkab bo'ladi. Bunday hollarda funktsiya shakllarini aniqlashning quyidagi ikki xil usulidan foydalanish mumkin: o'rta kvadratik hatolar minimumi usuli bilan funktsiya tanlash; dispersion tahlil usulini qo'llash orqali funktsiya tanlash.

Mantiqiy tahlil hamda tadqiqot tufayli qo'lga kiritilgan shaxsiy tajriba asosida qator turli xil funktsiyalar tanlab olinadi va ularning parametrlari baholanadi. Shundan so'ng har bir funktsiya uchun quyidagi formula asosida o'rta kvadratik xatolar aniqlanadi:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (y_t - \hat{y}_t)^2}{n - k - 1}}, \quad (9.5)$$

bu yerda: y_t – qatorlar dinamikasining qiymati;

\hat{y}_t – qatorlar dinamikasi qiymatlarini tenglashtirish;

k – funktsiya parametrlari soni.

Mazkur usul faqat tenglama parametrlarining teng sonida natijalar beradi.

Ikkinchi usul dispersiyalarni taqqoslashdan iborat. O'rganilayotgan qatorlar dinamikasi umumiy variatsiyasini ikki qismga, ya'ni tendentsiyalar tufayli sodir bo'ladigan variatsiyalar va tasodifiy variatsiyalar yoki $V = V_1 + V_2$ bo'lishi mumkin.

Umumiy variatsiya quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$V = \sum_{t=1}^n (y_t - \bar{y})^2, \quad (9.6)$$

bu yerda, \bar{y} – qatorlar dinamikasining o'rtacha darajasi.

Tasodifiy variatsiyalar quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$V_2 = \sum_{t=1}^n \left(y_t - \hat{y}_t \right)^2. \quad (9.7)$$

Umumiy va tasodifiy variatsiyalarning farqi tendentsiyalar variatsiyasi hisoblanadi:

$$V_1 = V - V_2. \quad (9.8)$$

Tegishli dispersiyalarni aniqlashda daraja erkinligi quyidagicha bo'ladi:

1. Tendentsiyalar tufayli dispersiyalar uchun daraja erkinligi soni tekislash tenglamasi parametrlari sonidan bitta kam bo'ladi.

2. Qatorlar dinamikasi darajasi soni bilan tekislash tenglamasi parametrlari soni o'rtasidagi farq tasodifiy tendentsiyalar uchun daraja erkinligi soniga teng bo'ladi.

3. Umumiy dispersiyalar uchun daraja erkinligi soni qatorlar dinamikasi darajasi sonidan bitta kam bo'ladi. Chiziqli funktsiya uchun dispersiyalar quyidagicha hisoblanadi:

$$S^2 = \frac{V}{n-1}, \quad (9.9)$$

$$S_1^2 = V_1, \quad (9.10)$$

$$S_2^2 = \frac{V_2}{n-2}. \quad (9.11)$$

Dispersiyalar aniqlangandan so'ng F - mezonning empirik qiymati hisoblanadi:

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2}. \quad (9.12)$$

Olingan qiymatni erkinlik va ehtimollik darajasiga muvofiq aniqlangan jadval qiymati bilan taqqoslanadi.

Agar $F > F_\alpha$ ko‘rinishidagi tengsizlik bajarilsa, u holda tahlil qilinayotgan tenglama ifodalanayotgan tendentsiya uchun to‘g‘ri keladi. Bunday hollarda tahlil qilishni mantiqiy tushunchalarga mos keladigan oddiy tenglamalardan boshlab, asta-sekin kerakli daraja aniqlanguncha qadar murakkabroq darajalarga o‘tib borish lozim.

Trend aniqlangandan keyin boshlang‘ich qatorlar dinamikasiga tegishli darajada trendning qiymati olinadi. Tahlil bundan keyin trenddan chetga chiqishi mumkin.

$$z(t) = y(t) - \hat{y}(t) \quad (9.13)$$

$z(t)$ chetga chiqishi σ^2 arifmetik dispersiyali o‘rtacha nolga teng bo‘ladi.

Tenglama parametrlarini aniqlash zarur:

$$\hat{y}(t) = a_0 + a_1 t, \quad (9.14)$$

$$\hat{y}'(t) = a'_0 + a'_1 t \quad (9.15)$$

Normal tenglamalar sistemasi to‘g‘ri chiziqli tenglamalar uchun quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$\begin{cases} na_0 + a_1 \sum t = \sum y \\ a_0 \sum t + a_1 \sum t^2 = \sum ty \end{cases} \quad (9.16)$$

Dinamika tendentsiyasini aniqlashning eng sodda usuli **qator darajalari davrini uzaytirish usulidir**. Bu usulda ketma-ket joylashgan qator darajalari teng sonda olib qo‘shiladi, natijada uzunroq davrlarga tegishli darajalardan tuzilgan yangi ixchamlashgan qator hosil bo‘ladi.

O‘rtacha sirg‘aluvchi usul - bu qator darajalarini birin-ketin ma‘lum tartibda surish yo‘li bilan hisoblangan o‘rtacha darajadir. O‘rtacha sirg‘aluvchi usulda qator ko‘rsatkichlaridan doimo teng sonda olib, ulardan oddiy arifmetik

o‘rtacha hisoblash yo‘li bilan aniqlanadi. Ularni toq yoki juft sonda olinadigan qator ko‘rsatkichlari asosida hisoblash mumkin.

O‘rtacha sirg‘aluvchi usul o‘rtacha qiymatni aniqlash vaqtida tasodifiy chetlanishlarning o‘shish holatiga asoslanadi. O‘rtacha haqiqiy qiymatlar qatorlari dinamikasi tekislanayotgan vaqtda sirg‘anishning o‘rtacha nuqta davrini ko‘rsatadigan o‘rtacha qiymatlar bilan almashinadi. Odatda o‘rtacha sirg‘aluvchi usulning ikki modifikatsiyasidan, ya’ni oddiy va vaznli tekislashdan foydalaniladi.

Oddiy tenglashtirish o‘rtalikdagi p uzunlikdagi vaqt uchun oddiy o‘rta arifmetik hisoblashdan tuzilgan yangi qator tuzishga asoslanadi:

$$y_k = \frac{\sum_{t=k}^{p+k} y_t}{p} \quad (k=1, 2, \dots, N-p+1), \quad (9.17)$$

bu yerda, p – tenglashtirish davri uzunligi vaqtli qatorlar xarakteriga bog‘liq bo‘ladi; k – o‘rtacha qiymatning tartib nomeri.

Vaznli tenglashtirish turli nuqtadagi qatorlar dinamikasi uchun vaznli o‘rtacha qiymatlarni o‘rtachalashtirishdan iborat.

Birinchi $2p+1$ qatorlar dinamikasini olib ko‘raylik (p odatda 1 yoki 2 ga teng). Tendentsiyalar funksiyasi sifatida qandaydir:

$$y_t = \sum_{i=0}^k a_i t^i \quad (9.18)$$

(8.18) to‘la darajasini olaylik.

Uning parametrlari

$$a_0 \sum_{-p+1}^{p+1} t^i + a_1 \sum_{-p+1}^{p+1} t^{i+1} + \dots + a_k \sum_{-p+1}^{p+1} t^{i+k} = \sum_{-p+1}^{p+1} y_i t^i \quad (9.19)$$

tenglamasi yordamida eng kichik kvadratlar usuli bilan aniqlanadi.

Ko‘phad (polinom) o‘rtacha darajasi $p+1$ nuqtasiga joylashgan. a_0 ga nisbatan tenglamani yechsak:

$$a_0 = b_1 y_1 + b_2 y_2 + \dots + b_{2p+1} y_{2p+1} \quad (9.20)$$

hosil qilamiz. Bu yerdagi b_1 qiymati p va k mohiyatiga bog‘liq bo‘ladi. Hosil bo‘lgan tenglama (8.4) birinchilardan $2p+1$ qatorlar dinamikasi qiymatining vaznli o‘rtacha qiymat arifmetikasi hisoblanadi.

Eksponentsial usuli hozirgi paytda, dinamik qatorlarga asoslangan usullardan eng muhim usul deb hisoblanadi. Dinamik qatorlarni bashoratlashda ma’lumotlarni yildan yilga o‘zgartirishini e’tiborga olish zarur. Ohirgi yillardagi o‘zgarish tendentsiyasini ahamiyatini oshirib, dinamik qatorni birinchi yillardagi o‘zgarish tendentsiyasini ahamiyatini kamaytirish zarur.

Bashoratlashning oddiy modellaridan biri bo‘lgan vaqtli funktsiyasini ko‘rib o‘tamiz. Umumiy holda vaqt bo‘yicha olingan funktsiyasini

$$u_t = f(t) \quad (9.21)$$

$$y_t = a_0 + a_1 t \quad (9.22)$$

ko‘rinishida ifodalash mumkin.

Ayrim hollarda vaqtli qator parametrlari ma’lum bir oraliqda o‘zgarishi mumkin.

Bu muammoni echish uchun Braun tomonidan yaratilgan eksponentsial usulidan foydalanamiz. Bu usulni mohiyati shundan iboratki, vaqt bo‘yicha olingan qator eksponentsial qonuniyatiga bo‘ysunib bashorat qilinadi.

Faraz qilaylik:

$$y = a_0 + a_1 t \quad (9.23)$$

ko‘rinishidagi chiziqli funksiya berilgan bo‘lsin. Bu yerdagi a_0 va a_1 parametrlarni topish uchun o‘rtacha eksponentsial $S_{t_1}(y)$ va $S_{t_2}(y)$ miqdorlarni topamiz.

$$S_{t_1}(y) = a_0 + \frac{1 - \alpha}{\alpha \times a_1} \quad (9.24)$$

$$S_{t_2}(y) = a_0 + \frac{2(1 - \alpha)}{\alpha \times a_1} \quad (9.25)$$

Agar bu sistemani a_0 va a_1 ga nisbatan yechsak, quyidagilarni xosil qilamiz:

$$a_0 = 2S_{t_1}(y) - S_{t_2}(y) \quad (9.26)$$

$$a_1 = \frac{1}{1-\alpha} [S_{t_1}(y) - S_{t_2}(y)] \quad (9.27)$$

k darajadagi eksponenta rekurent formulasi orqali topiladi.

$$S_{tk}(y) = \alpha S_{t_{k-1}}(y) + (1-\alpha)S_{t-1k}(y) \quad (9.28)$$

bu yerda $\alpha = \frac{2}{m} + 1$

m -kuzatuvlar soni.

Umuman olganda $0 < \alpha < 1$ bo'ladi.

Agar α parametr 1 ga yaqin bo'lsa, prognozlashtirish uchun keyingi holatlar hisobga olinadi. Agar $\alpha \rightarrow 0$ bo'lsa prognozda ilgari holat nazarda tutiladi.

Nazorat uchun savollar

1. Vaqtli qator deb nimaga aytiladi?
2. Vaqtli qatorlar variatsion qatorlardan qanday xususiyatlari va alomatlari bilan farq qiladilar?
3. Vaqtli qatorlarni qanday usullar bilan tekislash mumkin?
4. O'rtacha sirg'aluvchan usul nima va qachon qo'llanadi?
5. Vaqtli qatorlarda korrelyatsion-regression tahlil usullarini qo'llash shart-sharoitlarini tushuntirib bering?
6. Taklif va boshqa bozor iqtisodiyot qonunlari namoyon bo'lishini o'rganishda regression tahlil usullaridan foydalanish tartibini misollarda tushuntirib bering.
7. Bozor narxiga nisbatan taklif elastikligini aniqlash maqsadida regression tahlil usulidan foydalanish tartibini aniq bir misolda tushuntirib bering.
8. Additiv va multiplikativ modellarning formulasiga izoh bering.

10-BOB. TENGLAMALAR TIZIMI KO'RINISHIDAGI EKONOMETRIK MODEL

10.1. Bir-biriga bog'liq tenglamalar tizimini tushunchalari va turlari.

10.2. Ekonometrik tenglamalar tizimi parametrlarini hisoblash uslubiyoti.

10.3. Ekonometrik tenglamalar tizimini indentifikatsiyalash muammolari.

10.1. Bir-biriga bog'liq tenglamalar tizimini tushunchalari va turlari

Murakkab iqtisodiy jarayonlar bir-biriga bog'liq (bir vaqtning o'zida) tenglamalar tizimi yordamida tasvirlanadi.

Ekonometrikada qo'llaniladigan bir necha turdagi tenglama tizimlari mavjud:

– *bog'liq bo'lmagan tenglamalar tizimi*, bunda har bir bog'liq bo'lgan o'zgaruvchi y bog'liq bo'lmagan bir xil to'plam o'zgaruvchilar x_i larning funksiyasi sifatida ko'rib chiqiladi:

$$y_1 = a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1m}x_m + \varepsilon_1$$

$$y_2 = a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2m}x_m + \varepsilon_2$$

.....

$$y_n = a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + \dots + a_{nm}x_m + \varepsilon_n$$

Bunday tizimni yaratish va uning parametrlarini topish uchun har bir tenglamaga qo'llaniladigan eng kichik kvadratlar usuli bilan foydalaniladi;

– *rekursiv tenglamalar tizimi*, bunda bir tenglamaning bog'liq bo'lgan o'zgaruvchi y boshqa tenglamada xomil sifatida namoyon bo'ladi

$$y_1 = a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1m}x_m + \varepsilon_1$$

$$y_2 = b_{21}y_1 + a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2m}x_m + \varepsilon_2$$

$$y_3 = b_{31}y_1 + b_{32}y_2 + a_{31}x_1 + a_{32}x_2 + \dots + a_{3m}x_m + \varepsilon_3$$

.....

$$y_n = b_{n1}y_1 + b_{n2}y_2 + \dots + b_{nn-1}y_{n-1} + a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + \dots + a_{nm}x_m + \varepsilon_n$$

Bunday tizimni yaratish va uning parametrlarini topish uchun eng kichik kvadratlar usuli qo'llaniladi, har bir tenglama uchun alohida ketma-ket qo'llaniladi;

–o'zaro bog'liq (qo'shma) tenglamalar tizimi, bunda bir xil bog'liq bo'lgan o'zgaruvchilar ba'zi tenglamalarda chap tomonga, boshqalarda esa o'ng tomonga kiradi

$$y_1 = b_{12}y_2 + b_{13}y_3 + \dots + b_{1n}y_n + a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1m}x_m + \varepsilon_1$$

$$y_2 = b_{21}y_1 + b_{23}y_3 + \dots + b_{2n}y_n + a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2m}x_m + \varepsilon_2$$

.....

$$y_n = b_{n1}y_1 + b_{n3}y_3 + \dots + b_{nn-1}y_{n-1} + a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + \dots + a_{nm}x_m + \varepsilon_n$$

Bunday tenglamalar tizimi modelning tarkibiy shakli deb ataladi. Tarkibiy model o'zgaruvchilarning ba'zi koeffitsentlari nolga teng bo'lishi mumkin, bu holat mazkur o'zgaruvchilarning tenglamada mavjud bo'lmasligini bildiradi. Masalan, narx va ish haqi dinamikasi modeli tarkibiy shakli ko'rinishida yoritilishi mumkin:

$$y_1 = b_{12}y_2 + a_{11}x_1 + \varepsilon_1$$

$$y_2 = b_{21}y_1 + a_{22}x_2 + \varepsilon_2$$

bunda y_1 –ish haqi o'zgarishi tempi;

y_2 – narxlar o'zgarishi tempi;

x_1 – ishsizlar foizi;

x_2 – doimiy kapital o'zgarishi tempi;

x_3 – xom ashyo importi narhlarining o'zgarish tempi.

Ikkita tenglamadan tashkil topgan mazkur tizim ikkita bog‘liq endogen (y_1, y_2) va uchta bog‘liq bo‘lmagan ekzogen (x_1, x_2, x_3) o‘zgaruvchilardan iborat. Birinchi tenglamada x_2 va x_3 o‘zgaruvchilari mavjud emas. Bu koeffitsentlar $a_{12} = 0$ va $a_{13} = 0$ ekanligini bildiradi.

Bunday tizimlarni qurish va ularning parametrlarini topish uchun bilvosita va ikki bosqichli eng kichik kvadratlar usuli qo‘llaniladi.

Identifikatsiya qilinadigan tenglamalarni echish uchun bilvosita eng kichik kvadratlar usuli qo‘llanadi va ikki bosqichli eng kichik kvadratlar usuli ortiqcha identifikatsiya qilinadigan tenglamalarni echish uchun ishlatiladi.

Bilvosita eng kichik kvadratlar usuli quyidagilardan iborat:

1) modelning qisqartirilgan shakli tuziladi va har bir tenglama uchun parametrlarining son qiymatlari oddiy eng kichik kvadratlar usuli yordamida alohida aniqlanadi;

2) algebraik hisob-kitoblar yordamida qisqartirilgan shaklidan modelning tarkibiy shakli tenglamalariga o‘tadi va shu bilan tarkibiy parametrlarning sonini oladi.

Bilvosita eng kichik kvadratlar usuli quyidagilardan iborat:

1) modelning qisqartirilgan shakli tuziladi va har bir tenglama uchun parametrlarining son qiymatlari oddiy eng kichik kvadratlar usuli yordamida alohida aniqlanadi;

2) tarkibiy tenglamaning o‘ng tomonidagi endogen o‘zgaruvchilar aniqlanadi (ularning parametrlari ikki bosqichli eng kichik kvadratlar usuli bilan belgilanadi) va dastlabki bosqichda modelni qisqartirilgan shakliga mos keladigan tenglamadan hisoblangan qiymatlari aniqlanadi;

3) oddiy eng kichik kvadratlar usuli yordamida har bir tarkibiy parametrlarini alohida aniqlashtirib, dastlabki ma’lumot sifatida oldindan aniqlangan o‘zgaruvchilar haqiqiy qiymatlari va ikkinchi bosqichda olingan tarkibiy tenglamaning o‘ng tomonidagi endogen o‘zgaruvchilar hisoblangan qiymatlari sifatida ishlatiladi.

Quyidagi tushunchalarni kiritamiz.

Ichki modeldagi (tizimda) tavsiflangan o‘zaro bog‘langan y o‘zgaruvchilar **endogen o‘zgaruvchilar** deb ataladi.

Tizimdan tashqarida aniqlangan bog‘liq bo‘lmagan x o‘zgaruvchilar **ekzogen o‘zgaruvchilar** deb ataladi.

Tizimning ekzogen va lagli (oldingi davrlar uchun y_{-1}, y_{-2}, \dots) endogen o‘zgaruvchilar **oldindan belgilangan o‘zgaruvchilar** deb ataladi.

Tizimning barcha oldindan belgilangan o‘zgaruvchilardan iborat bo‘lgan endogen o‘zgaruvchilarning chiziqli funktsiyalari tizimi modeldagi **qisqartirilgan shakli** deb ataladi

$$y_1 = \delta_{11}x_1 + \delta_{12}x_2 + \dots + \delta_{1m}x_m$$

$$y_2 = \delta_{21}x_1 + \delta_{22}x_2 + \dots + \delta_{2m}x_m$$

.....

$$y_n = \delta_{n1}x_1 + \delta_{n2}x_2 + \dots + \delta_{nm}x_m$$

Bu yerda δ_{ij} – modelning qisqartirilgan shaklining koeffitsientlari.

10.2. Ekonometrik tenglamalar tizimi parametrlarini hisoblash uslubiyoti

Tarkibiy modelni koeffitsientlarini baholashda bir qator usullar qo‘llaniladi.

Aniq identifikatsiyalanadigan tarkibiy modelda qo‘llanadigan **bilvosita eng kichik kvadratlar usulini** ko‘rib chiqamiz. Mazkur usulni ikkita endogen va ikkita ekzogen ko‘rsatkichlardan iborat bo‘lgan quyidagi identifikatsiyalanadigan model misolida ko‘rib chiqamiz:

$$y_1 = b_{12}y_2 + a_{11}x_1 + \varepsilon_1$$

$$y_2 = b_{21}y_1 + a_{22}x_2 + \varepsilon_2$$

Modelni tuzish uchun 1-jadvalda keltirilgan ma’lumotlar bilan foydalanamiz.

Haqiqiy ma'lumotlar

N	y_1	y_2	x_1	x_2
1	33,0	37,1	3	11
2	45,9	49,3	7	16
3	42,2	41,6	7	9
4	51,4	45,9	10	9
5	49,0	37,4	10	1
6	49,3	52,3	8	16
Jami	270,8	263,6	45	62
O'rtacha qiymat	45,133	43,930	7,500	10,333

Tarkibiy modelni qisqartirilgan shakliga tubdan o'zgartiramiz:

$$y_1 = d_{11}x_1 + d_{12}x_2 + u_1$$

$$y_2 = d_{21}x_1 + d_{22}x_2 + u_2$$

u_1 va u_2 – tasodifiy hatolar.

Har bir qisqartirilgan shakldagi tenglamasi uchun d koeffitsientlarini hisoblashda EKK usuli qo'llanilishi mumkin.

Hisoblashni osonlashtirish uchun o'rtacha darajalardan $y = y - \bar{y}$ va $x = x - \bar{x}$ (\bar{y} , \bar{x} – o'rtachalar) chetlanishlar bilan foydalansa bo'ladi. Tubdan o'zgartirilgan 1-jadvaldagi ma'lumotlar 2-jadvalga tortilgan. Bu yerda d_{ik} koeffitsientlarni aniqlash uchun kerakli oraliq hisobotlar keltirilgan. Birinchi keltirilgan tenglamaning d_{ik} koeffitsientlarini aniqlash uchun quyidagi normal tenglamalar tizimi bilan foydalanish mumkin:

$$\sum y_1 x_1 = d_{11} \sum x_1^2 + d_{12} \sum x_1 x_2$$

$$\sum y_1 x_2 = d_{11} \sum x_1 x_2 + d_{12} \sum x_2^2$$

2-jadvalda hisoblangan qiymatlarni yuqoridagi tenglamaga summani o‘rniga qo‘yib chiqib, quyidagini olamiz:

$$83,102 = 33,5d_{11} - 29,001d_{12}$$

$$- 20,667 = -29,001d_{11} + 155,334d_{12}$$

Yuqoridagi tenglamalarning yechilishi natijasida $d_{11} = 2,822$ va $d_{12} = 0,394$ teng.

2 -jadval

Qisqartirilgan model shaklini tuzish uchun ma'lumotlar

N	y_1	y_2	x_1	x_2	$y_1 \cdot x_1$	x_1^2	$x_1 \cdot x_2$	$y_1 \cdot x_2$	$y_2 \cdot x_1$	$y_2 \cdot x_2$	x_2^2
1	-12,133	-6,784	-4,500	0,667	54,599	20,250	-3,002	-8,093	30,528	-4,525	0,445
2	0,767	5,329	-0,500	5,667	-0,383	0,250	-2,834	4,347	-2,664	30,198	32,115
3	-2,933	-2,308	-0,500	-1,333	1,467	0,250	0,667	3,910	1,154	3,077	1,777
4	6,267	1,969	2,500	-1,333	15,668	6,250	-3,333	-8,354	4,922	-2,625	1,777
5	3,867	-6,541	2,500	-9,333	9,667	6,250	-23,333	-36,091	-16,353	61,048	87,105
6	4,167	8,337	0,500	5,667	2,084	0,250	2,834	23,614	4,168	47,244	32,115
Jami	0,002	0,001	0,000	0,002	83,102	33,500	-29,001	-20,667	21,755	134,417	155,334

Qisqartirilgan birinchi tenglamasi quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$y_1 = 2,822x_1 + 0,394x_2 + u_1$$

Ikkinchi qisqartirilgan tenglamaning d_{2k} koeffitsientlarini aniqlash uchun quyidagi normal tenglamalar tizimi bilan foydalanishimiz mumkin:

$$\sum y_2 x_1 = d_{21} \sum x_1^2 + d_{22} \sum x_1 x_2$$

$$\sum y_2 x_2 = d_{21} \sum x_1 x_2 + d_{22} \sum x_2^2$$

2-jadvalda hisoblangan qiymatlarni yuqoridagi tenglamaga summani o‘rniga qo‘yib chiqib, quyidagini olamiz:

$$21,755 = 33,5d_{21} - 29,001d_{22}$$

$$134,417 = -29,001d_{21} + 155,334d_{22}$$

Yuqoridagi tenglamalarning yechish natijasida quyidagilarni olamiz $d_{21} = 1,668$ va $d_{22} = 1,177$.

Qisqartirilgan shaklning ikkinchi tenglamasi quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$y_2 = 1,668x_1 + 1,177x_2 + u_2$$

Qisqartirilgan shakldan tarkibli shaklga o‘tish uchun qisqartirilgan model shaklning ikkinchi tenglamasidan x_2 ni topamiz:

$$x_2 = (y_2 - 1,668x_1) / 1,177$$

Bu ifodani qisqartirilgan modelning birinchi tenglamasiga qo‘yib chiqib, tarkibli tenglamani topamiz:

$$\begin{aligned} y_1 &= 2,822x_1 + \frac{0,394(y_2 - 1,668x_1)}{1,177} = 2,822x_1 + 0,335y_2 - 0,558x_1 = \\ &= 0,335y_2 + 2,264x_1 \end{aligned}$$

Shunday qilib $b_{12} = 0,335$ va $a_{11} = 2,264$.

Qisqartirilgan model shaklning birinchi tenglamasidan x_1 ni topamiz:

$$x_1 = (y_1 - 0,394x_2) / 2,822$$

Bu ifodani qisqartirilgan modelning ikkinchi tenglamasiga qo‘yib chiqib, tarkibli tenglamani topamiz:

$$\begin{aligned} y_2 &= 1,177x_2 + \frac{1,668(y_1 - 0,394x_2)}{2,822} = 1,177x_2 + 0,591y_1 - 0,233x_2 = \\ &= 0,591y_1 + 0,944x_2 \end{aligned}$$

Shunday qilib $b_{21} = 0,591$ va $a_{22} = 0,944$.

Tarkibli shaklning ozod hadlarini quyidagi tenglamalardan topamiz:

$$a_{01} = \bar{y}_1 - b_{12}\bar{y}_2 - a_{11}\bar{x}_1 = 45,133 - 0,335 \cdot 43,93 - 2,264 \cdot 7,5 = 13,436$$

$$a_{02} = \bar{y}_2 - b_{21}\bar{y}_1 - a_{22}\bar{x}_2 = 43,93 - 0,591 \cdot 45,133 - 0,944 \cdot 10,333 = 7,502$$

So‘nggi tarkibli modelning ko‘rinishi olamiz:

$$y_1 = a_{01} + b_{12}y_2 + a_{11}x_1 + \varepsilon_1 = 13,436 + 0,335y_2 + 2,264x_1 + \varepsilon_1$$

$$y_2 = a_{02} + b_{21}y_1 + a_{22}x_2 + \varepsilon_2 = 7,502 + 0,591y_1 + 0,944x_2 + \varepsilon_2$$

10.3. Ekonometrik tenglamalar tizimini indentifikatsiyalash muammolari

Modelning qisqartirilgan shaklidan tarkibiy shakliga o'tishda tadqiqotchi identifikatsiya qilish muammosiga duch keladi. Identifikatsiya – modelning qisqartirilgan va tarkibiy shakllari o'rtasidagi yozishmalarning o'ziga xosligi. Tarkibiy va qisqartirilgan shakllarning parametrlarini o'zaro mosligini ta'minlash uchun identifikatsiya sharti bajarilishi kerak.

Modelning tarkibiy shakli uch turga bo'linishi mumkin:

identifikatsiyalanadigan;

identifikatsiyalanmaydigan;

o'taidentifikatsiyalanadigan.

Modelning tarkibiy shakli identifikatsiyalanadigan bo'lishi uchun, tizimning xar bir tenglamasi identifikatsiyalanadigan bo'lishi kerak. Bu holatda modelning tarkibiy shakli parametrlari soni qisqartirilganshakli parametrlariga teng bo'ladi.

Agar modelning tarkibiy shaklining birorta tenglamasi identifikatsiyalanmaydigan bo'lsa, bunda butun model identifikatsiyalanmaydigan bo'lib hisoblanadi. Bunday holatda qisqartirilgan shaklning koeffitsentlari soni tarkibiy shakli koeffitsentlari soniga nisbatan kam.

Agar qisqartirilgan koeffitsentlar soni tarkibiy koeffitsentlariga nisbatan ko'p bo'lsa, model o'ta identifikatsiyalanadigan deb hisoblanadi. Bunda qisqartirilgan model shaklining koeffitsentlari asosida biror tarkibiy koeffitsientining ikki va undan ko'p qiymatini topish mumkin. O'ta identifikatsiyalanadigan modelda bitta bo'lsa ham tenglama o'ta identifikatsiyalanadigan, boshqalari esa identifikatsiyalanadigandir.

Agar, tarkibiy modelining i -tenglamasida endogen o'zgaruvchilar sonini N orqali va tizimda mavjud bo'lgan, lekin ushbu tenglamaga kirmaydigan oldindan belgilangan o'zgaruvchilarni D orqali belgilasak, modelning identifikatsiya sharti quyidagi hisob qoidasi ko'rinishida yozilishi mumkin:

Agar $D+1 < H$ tenglama identifikatsiyalanmaydi;

Agar $D+1 = H$ tenglama identifikatsiyalanadi;

Agar $D+1 > H$ tenglama o'taidentifikatsiyalanadi.

Identifikatsiya uchun mazkur qoida kerakli, ammo etarli shart emas. Keltirilgan qoidadan tashqari, tenglama identifikatsiyasini aniqlash uchun ko'shimcha shartlar bajarilishi lozim.

Ko'rib chiqilayotgan tenglamada mavjud bo'lmagan, lekin tizimga kirgan endogen va ekzogen o'zgaruvchilarni tizimda ta'kidlab chiqamiz. Boshqa tenglamalarda o'zgaruvchilar koeffitsientlaridan matritsasini tuzamiz. Agar o'zgaruvchi tenglamaning chap tomonida joylashgan bo'lsa, bunda koeffitsientni teskari belgi bilan olish kerak. Agar olingan matritsasini determinanti nolga teng bo'lmasa va darajasi bir kam tizimda endogen o'zgaruvchilar sonidan kam bo'lmasa, bunda mazkur tenglama uchun identifikatsiyaning etarli sharti bajarilgan.

Buni quyidagi tarkibli model misolida tushuntirib beramiz:

$$y_1 = b_{12}y_2 + b_{13}y_3 + a_{11}x_1 + a_{12}x_2$$

$$y_2 = b_{21}y_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 + a_{24}x_4$$

$$y_3 = b_{31}y_1 + b_{32}y_2 + a_{31}x_1 + a_{32}x_2$$

Har bir tizimning tenglamasini kerakli va etarli identifikatsiya sharti bajarilishiga tekshirib chiqamiz. Birinchi tenglamada uchta endogen o'zgaruvchilar: $y_1, y_2, y_3 (H=3)$ mavjud. Unda ekzogen o'zgaruvchilar x_3 va x_4 ($D=2$) qatnashmayapti. Kerakli identifikatsiya sharti bajarilgan $D+1=H$ Kerakli shartga tekshirish uchun x_3 va x_4 o'zgaruvchilar koeffitsientlaridan iborat bo'lgan matritsasini tuzamiz (3-jadval). Jadvalning birinchi ustunida ekzogen o'zgaruvchilar x_3 va x_4 koeffitsientlari tizimining 2 va 3 tenglamaliridan olingan deb ko'rsatilgan. Ikkinchi tenglamada mazkur o'zgaruvchilar mavjud bo'lib, ularning koeffitsientlari a_{23} va a_{24} larga mos ravishda teng. Uchinchi tenglamada yuqoridagi o'zgaruvchilar qatnashmaydi, ya'ni ularning koeffitsientlari nolga teng. Matritsasining ikkinchi satri noldan iborat bo'lgani uchun, matritsaning

determinanti xam nolga teng. Demak, etarli sharti bajarilmagan va birinchi tenglamani identifikatsiyalanadigan deb hisoblab bo‘lmaydi.

3-jadval

x_3 va x_4 o‘zgaruvchilar koeffitsientlaridan tuzilgan matritsa.

Tenglamalardan olingan o‘zgaruvchilarning koeffitsientlari	O‘zgaruvchilar	
	x_3	x_4
2	a_{23}	a_{24}
3	0	0

Ikkinchi tenglamada ikkita endogen o‘zgaruvchilar: y_1 va y_2 ($H=2$) mavjud. Bunda ekzogen o‘zgaruvchi x_1 ($D=1$) qatnashmayapti. Kerakli identifikatsiya sharti bajarilgan $D+1=H$.

Kerakli shartga tekshirish uchun ikkinchi tenglamada mavjud bo‘lmagan y_3 va x_1 o‘zgaruvchilar koeffitsientlaridan iborat bo‘lgan matritsasini tuzamiz (4 - jadval).

4 -jadval

y_3 va x_1 o‘zgaruvchilar koeffitsientlaridan tuzilgan matritsa.

Tenglamalardan olingan o‘zgaruvchilarning koeffitsientlari	O‘zgaruvchilar	
	y_3	x_1
1	b_{13}	a_{11}
3	-1	a_{31}

Tenglamaning chap tomonida joylashgan uchinchi tenglamada y_3 o‘zgaruvchi uchun koeffitsienti -1 teng. Haqiqatda, uchinchi tenglamani quyidagi ko‘rinishda yozishimiz mumkin

$$0 = b_{31}y_1 + b_{32}y_2 - 1 \cdot y_3 + a_{31}x_1 + a_{32}x_2$$

Bunda $b_{33} = -1$ tenglama aniq shakllanmoqda.

Umumiy holda tarkibiy model o'zgaruvchilarning koeffitsientlar matritsasi ko'rinishida ifodalanishi mumkin. Bu holatda ikkinchi tenglama quyidagi vektor bilan belgilanishi mumkin $(b_{31}, b_{32}, -1, a_{31}, a_{32}, 0, 0)$, hamda butun bir vaqtli tenglamalar tizimi quyidagi matritsa bilan ifodalanadi:

$$\begin{pmatrix} -1 & b_{12} & b_{13} & a_{11} & a_{12} & 0 & 0 \\ 1 & -1 & 0 & 0 & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ 1 & 1 & -1 & a_{31} & a_{32} & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

2-jadvalda matritsaning determinanti nolga teng emas va darajasi 2ga teng. Demak, yetarli sharti bajarilgan va ikkinchi tenglama identifikatsiyalanadigan.

Uchinchi tenglamada uchta endogen o'zgaruvchilar: y_1, y_2, y_3 ($H = 3$) mavjud. Bunda ekzogen o'zgaruvchilar x_3 va x_4 ($D = 2$) qatnashmaydi. Kerakli identifikatsiya sharti bajarilgan ($D + 1 = H$).

Kerakli shartga tekshirish uchun uchinchi tenglamada mavjud bo'lmagan x_3 va x_4 o'zgaruvchilar koeffitsientlaridan iborat bo'lgan matritsasini tuzamiz (5-jadval). Jadvalga binoan matritsaning determinanti nolga teng (birinchi satri noldan iborat). Demak, etarli sharti bajarilmagan va uchinchi tenglamani identifikatsiyalanadigan deb hisoblab bo'lmaydi.

5-jadval

x_3 va x_4 o'zgaruvchilar koeffitsientlaridan tuzilgan matritsa

Tenglamalardan olingan o'zgaruvchilarning koeffitsientlari	O'zgaruvchilar	
	x_3	x_4
1	0	0
2	a_{23}	a_{24}

Ekonometrik modellarda ayrim hollarda (masalan, $y_3 = y_1 + y_2 + x_1$ ko'rinishida) o'zgaruvchilarning koeffitsientlarini baholashni talab qilinmaydi va

tenglamani identifikatsiyalashga tekshirish kerak emas, lekin butun tizimni identifikatsiyaga tekshirishda mazkur tenglamalar qatnashadi. Ayrim holatlarda modelda qatnashadigan ozod va qoldiq hadlar $(a_{01}, a_{02}, a_{03}, \dots, \varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3, \dots)$ identifikatsiyalash muammosiga ta'sir etmaydi.

Nazorat uchun savollar

1. Qaysi hollarda bir vaqtli ekonometrik modellartuziladi va buning sababi nimada?
2. Bir vaqtli tenglamalar tizimini echishda qanday usullardan foydalaniladi?
3. Nima uchun ekonometrik modellar tenglamalar tizimi ko'rinishida ifodalanadi?
4. Tenglamalar tizimini identifikatsiyalashda qanday muammolar mavjud?
5. Tenglamalar tizimida endogen o'zgaruvchilar qanday tanlanadi?
6. Ekzogen o'zgaruvchilar nima va ular ekonometrik modelda qanday ahamiyatga ega?
7. Tenglamalar tizimida lagli o'zgaruvchilar qanday hisobga olinadi?
8. Bir vaqtli tenglamalar tizimining iqtisodiy ahamiyati nimadan iborat?

11-BOB. AMALIY EKONOMETRIK MODELLAR

11.1. Iqtisodiy o‘shish jarayonini ishlab chiqarish funksiyalari yordamida tadqiq etish.

11.2. Ishlab chiqarish funksiyalarining xarakteristikalarini.

11.3. Talab va taklifning ekonometrik modellari.

11.4. Makroiqtisodiy ekonometrik modellarning turlari va ularni iqtisodiy tahlilda qo‘llanilishi.

11.1. Iqtisodiy o‘shish jarayonini ishlab chiqarish funksiyalari yordamida tadqiq etish

Ishlab chiqarish jarayoni kuzatilayotganda ko‘rish mumkinki mahsulot ishlab chiqarishda xom-ashyo, ish kuchi, texnika vositalari, elektr energiyasi, asosiy fondlar va boshqa resurslar bevosita qatnashadi va mahsulot hajmiga ta‘sir etadi. Ishlab chiqarilgan mahsulot bilan unga sarflangan resurslar orasidagi bog‘lanishni ishlab chiqarish funksiyasi orqali ko‘rsatish mumkin. Umumiy holda ishlab chiqarish funksiyasi quyidagi ko‘rinishda ifodalanadi:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_m)$$

bu yerda y - ishlab chiqarilgan mahsulot miqdori; x_i – resurslar sarfi.

Iqtisodiy jarayonlarni modellashtirishda asosiy bosqich – bu funktsiya va omillar o‘rtasidagi aloqa shakllarini tanlashdir. Bunga yoki tekshirmay mantiqiy fikrlarga asoslanib yoki amaliy tajriba, eksperimentlar asosida erishiladi.

Bog‘liqliklar to‘plamidan iqtisodiy jarayoni xarakteriga muvofiqroq keladigan ishlab chiqarish funksiyasini tanlashga modellashtirilayotgan ob‘ektning texnologik, fizik-biologik va agrotexnik xarakteristikalarini o‘rganish asosida erishiladi.

Funksiya va dalillar o‘rtasidagi bog‘liqlarni topish avval mazkur iqtisodiy jarayonga muvofiq keladigan empirik formulani topishdan iborat bo‘ladi. Empirik

formula aloqa xarakterining yaqinlashtirilgan ma'nosini (qimmatini) anglatadi, demak, tanlab olingan ishlab chiqarish funksiyasi dalillar bilan o'rganilayotgan aloqa qonunini nisbatangina ifodalaydi, bu esa nazariy ishlab chiqarish funksiyasiga o'tish lozimligini ko'rsatadi.

Empirik bog'liqlikdan nazariy funksiyaga o'tish eng kichik kvadratlar usuli yordamida amalga oshiriladi. Uning mohiyati shunday parametrlarni topishdan iboratdirki, unda funksiyaning hisoblangan qiymatlari bilan uning haqiqiy qiymatlari o'rtasidagi farq kvadratlari yig'indisi eng minimal bo'lib, quyidagicha ifodalanadi:

$$F(x) = \sum (y - y_x)^2 \rightarrow \min$$

Regressiya tenglamasi to'g'ri tanlangan bo'lsa, bog'liqlikning nazariy formasi o'rganilayotgan aloqa qonuniyatlarini juda aniq aks ettiradi.

Ishlab chiqarish funksiyalari matematik tasvirlash tipiga ko'ra chiziqli, darajali, parabolik, ko'rsatkichli va hokazo bo'lishi mumkin. Bu funksiyalarning ba'zilarini ko'rib chiqamiz.

1. Chiziqli funktsiya:

$$y = k_0 + k_1 x_1$$

Bu funktsiya bir jinsli bo'lib, omil-dalillarning doimiy limitli samaraliligi bilan xarakterlidir. Umuman iqtisodiyot uchun chiziqsiz aloqa ham xarakterli bo'lib, ma'lum doiralardagina chiziqli ko'rinishga keltiriladi.

2. Darajali funktsiya:

$$y = ax^b,$$

bu yerda u – ishlab chiqarilgan mahsulot;

x – ishlab chiqarish resurslari sarfi;

b – ishlab chiqarish samaradorligining o'zgarish ko'rsatkichi;

a – erkin parametr.

Mazkur funktsiya qo'shimcha mahsulotning qo'shimcha xarajat birligiga nisbatan doim o'sib yoki kamayib borishini nazarda tutadi, biroq u qo'shimcha

mahsulotning ayni bir vaqtda kamayishi va o'sib borishiga yo'l qo'ymaydi. Buni funksiyaning birinchi tartibli hosilasida ko'rish mumkin:

$$y' = bax^{b-1}.$$

3) Kobba-Duglas tipdagi darajali funksiya eng ko'p tarqalgan va universal funksiya hisoblanadi. U quyidagicha ko'rinishda bo'ladi:

$$y = a \prod_{i=1}^n x_i^{\alpha_i},$$

bu yerda y – natijaviy ko'rsatkich;

x_i – erkin o'zgaruvchi miqdor;

a, α_i – o'zgarmas miqdorlar;

\prod – ko'paytirish operatori.

Bu funksiya parametrlari bir vaqtni ichida elastiklik koeffitsientlariga teng. Elastiklik koeffitsientlarining iqtisodiy mazmuni shundan iboratki, ular mustaqil o'zgaruvchilar (x) bir foizga o'zgarganda samarali (natijali) ko'rsatkich (y) qanday o'zgarishini ko'rsatadi. Darajali funksiyaning xarajatlar o'rtacha bo'lganda resurslarning unumdorligi tadqiqotchini qiziqtirgan vaqtda qo'llanish nazarda tutiladi. Uning formasi mahsulot chiqarishda ma'lum resurslar - mehnat, ishlab chiqarish fondi va tabiiy resurslarning ishtirokini shart qilib qo'yuvchi xususiyatlarni aks ettiradi. Bu mazkur funksiyaning xilma-xil iqtisodiy jarayonlarni bayon qilishda universal qo'llanilishini belgilaydi.

11.2. Ishlab chiqarish funktsiyalarining xarakteristikalarini

Ishlab chiqarish funktsiyalarini iqtisodiy va matematik jihatdan o'rganish funksiyaning mazmuni va shakliga bog'liq bir qator ko'rsatkichlarni olish va tahlil qiladigan va o'rganilayotgan bog'liklikning xarakteri to'g'risida xulosalar uchun keng imkoniyatlarni taqdim etish imkonini beradi. Ishlab chiqarish funktsiyasini o'rganishda ayrim ishlab chiqarish omillarining samaradorligini baholash, bir xil

omillarning boshqa omillar o'rnini bosishi, texnika taraqqiyoti kabi muammolar paydo bo'ladi.

Ushbu ko'rsatkichlarni birinchi navbatda eng ko'p tarqalgan funksiyalaridan biri – Kobba-Duglas funksiya misolida ko'rib chiqamiz.

Tasavvur qilaylik, ishlab chiqarilgan mahsulot qiymatining ikki muhim omilga bog'liqligini o'rganamiz: mehnatning sarflari va ishlab chiqarish fondlarining umumiy hajmi. Bog'lanish shaklining ishlab chiqarish funksiyasi yordamida tekshiriladi:

$$y = a_0 x_1^{a_1} x_2^{a_2} \quad (11.1)$$

bu yerda y, x_1, x_2 – o'zgaruvchilar, y – ishlab chiqarilgan mahsulot hajmi, x_1 – mehnat sarflari, x_2 – ishlab chiqarish fondlarining hajmi (odatda y va x_1 qiymat birliklarida o'lchov qilinadi, x_2 soat yoki o'rtacha yillik ishchilar sonida). Miqdorlar a_0, a_1, a_2 – bu ishlab chiqarish funksiyaning parametrlari (o'zgarmas miqdorlar, konstantalar), ularning qiymati korrelyatsiya usuli yordamida statistik ma'lumotlar asosida aniqlanadi. Shuni ta'kidlash lozimki, iqtisodiy mazmuniga ko'ra a_1 va a_2 regressiya koeffitsientlari noldan birgacha interval ichida joylashgan, ya'ni $0 < a_i < 1, i = 1, 2$.

Matematik shakli bo'yicha (9.1) tenglama – bu darajali funksiya. Ushbu tenglamani logarifmasini olib, chiziqli ko'rinishiga o'tishimiz mumkin:

$$\log y = \log a_0 + a_1 \log x_1 + a_2 \log x_2 \quad (11.2)$$

Birinchiidan, ishlab chiqarish funksiya asosida (11.1) ishlab chiqarilgan mahsulotning qiymatining jami mehnat xarajatlariga nisbati sifatida mehnat unumdorligini ko'rsatkichini aniqlaymiz:

$$\frac{y}{x_1} = a_0 x_1^{a_1-1} x_2^{a_2} \quad (11.3)$$

Yuqoridagi tenglama mehnatning o'rtacha samaradorligini, ishlab chiqarilgan vaqt birligiga o'rtacha ishlab chiqarish hajmini ko'rsatadi. a_1 koeffitsienti noldan va birdan kam bo'lgani uchun tenglamaning o'ng tomonidagi

x_1 uchun $(a_1 - 1)$ darajasi salbiy qiymat hisoblanadi. Natijada, ishchi kuchining oʻsishi (qiymat x_1) bilan, mehnatning oʻrtacha unumdorligi pasayadi.

Tenglama (11.3) ga koʻra, mehnat xarajatlari oʻsishi bilan, boshqa resurslar oʻzgarmagan sharoitida, jumladan ishlab chiqarish fondlar x_2 oʻzgarmagan holda, mehnat unumdorligi kamayadi. (11.3) da koʻrsatilganidek, ishlab chiqarish fondlarining oʻsishi, mehnat unumdorligini oshirishga olib keladi.

Ishlab chiqarish funksiyalarini tahlil qilishda oʻrtacha koʻrsatkichlarga qoʻshimcha ravishda chegara qiymatlari ham muhim rol oʻynaydi. Shunday qilib, chekli mehnat unumdorligi qoʻshimcha mahsulot birligiga sarflanadigan qoʻshimcha mehnat birliklarini koʻrsatadi. Chekli mehnat unumdorligi uchun tenglamasi ishlab chiqarilgan mahsulotning mehnat xarajatlari boʻyicha maxsus hosilasi hisoblanadi:

$$\frac{\partial y}{\partial x_1} = a_0 a_1 x_1^{a_1 - 1} x_2^{a_2} \quad (11.4)$$

(11.4) dan kelib chiqadiki, chekli mehnat unumdorligi, shuningdek oʻrtacha mehnat unumdorligi, mehnat xarajatlari umumiy miqdori x_1 va foydalaniladigan ishlab chiqarish fondlari x_2 ga bogʻliq. Oʻzgarmas fondlar sharoitida mehnat xarajatlarning oʻsishi bilan chekli mehnatning unumdorligi kamayadi. Fondlar hajmining oshishi bilan chekli mehnatning unumdorligi oshadi.

(11.3) va (11.4) tenglamalarni solishtirib, quyidagini olamiz:

$$\frac{\partial y}{\partial x_1} = a_1 \frac{y}{x_1} \quad (11.5)$$

Qoʻshimcha xarajatlar birliklari boʻyicha ishlab chiqarishning mutlaq oʻsishi hisobiga teng boʻlgan holda, mehnat resurslarida nisbatan yuqori oʻsish surʼati boʻyicha ishlab chiqarish hajmining nisbiy oʻsishini tavsiflovchi koʻrsatkichni aniqlash juda qiziq boʻladi. Buning uchun chekli mehnat unumdorligini y mahsulot miqdoriga boʻlib va mehnat xarajatlari x_1 ga koʻpaytirish zarur. (11.5) dan quyidagi ifodani olamiz:

$$\frac{\partial y}{\partial x_1} \cdot \frac{x_1}{y} = a_1 \quad (11.6)$$

Olingan ko'rsatkich mehnat xarajatlari bo'yicha mahsulot ishlab chiqarishning elastikligi deb ataladi. Bu mehnat xarajatlarining 1% oshishi bilan mahsulot ishlab chiqarish hajmining qanchalik ortib borayotganligini ko'rsatadi. Biz ko'rib turganimizdek, absolyut chekli ishlab chiqarish unumdorligiga nisbatan nisbiy chekli unumdorligi resurslarning hajmidan bog'liq emas va ularning har qanday kombinatsiyasi uchun mehnat xarajatlarining 1% ga oshishi ishlab chiqarishni $a_1\%$ oshishiga keltiradi.

Shunga o'xshash ko'rsatkichlar (11.1) funksiyaning ikkinchi omilga – ishlab chiqarish fondlariga nisbatan hisoblanishi mumkin. Amaldagi foydalanilgan fondlar birligi uchun mahsulot hajmini fondlar qaytimi deb nomlashadi va birinchi navbatda o'rtacha fondlar qaytimini (11.1) tenglamadan aniqlaymiz:

$$\frac{y}{x_2} = a_0 x_1^{a_1} x_2^{a_2-1} \quad (11.7)$$

Tenglama shuni ko'rsatadiki, o'rtacha fondlar qaytimi har doim mehnat resurslari (o'zgarmas fondlar bilan) ortishi bilan ortadi va fondlar o'sishi bilan (o'zgarmagan mehnat resurslari bilan) kamayadi.

Chekli fondlar qaytimi ko'rsatkichi fondlar hajmi bo'yicha ishlab chiqarilgan mahsulotning maxsus hosila sifatida aniqlanadi:

$$\frac{\partial y}{\partial x_2} = a_0 a_2 x_1^{a_1} x_2^{a_2-1} \quad (11.8)$$

Chekli fondlar qaytimi o'rtacha qiymatidan faqat a_2 dan farq qiladi. Ijobiy a_2 koeffitsienti birdan kam bo'lganligi sababli ishlab chiqarish funksiyasidagi chekli fondlar qaytimi o'rtacha qiymatidan har doim kam.

Nisbiy chekli fondlar qaytimi yoki ishlab chiqarish fondlarning hajmi bo'yicha mahsulotning ishlab chiqarish elastikligi quyidagicha ifodalanadi:

$$\frac{\partial y}{\partial x_2} \cdot \frac{x_2}{y} = a_2 \quad (11.9)$$

Masalan, mehnat xarajatlari bilan bog‘liq holda, fondlar bo‘yicha ishlab chiqarishning elastikligi - a_2 regressiya koeffitsientiga teng bo‘lgan doimiy qiymat.

Ishlab chiqarish funksiyasi ma‘lum bir ishlab chiqarish miqdori va boshqa resurslarning qiymatini aniqlash uchun resurslardan biriga ehtiyojni hisoblash imkonini beradi. (11.1) tenglamasidan kelib chiqqan holda, mehnat resurslariga bo‘lgan ehtiyoj:

$$x_1 = \left(\frac{y}{a_0 x_2^{a_2}} \right)^{\frac{1}{a_1}}$$

Xuddi shunday, ma‘lum hajmdagi belgilangan mahsulot va mehnat resurslari uchun fondlarga bo‘lgan ehtiyoj aniqlanadi.

Shu payitgacha har birining resurslardan biri bilan ko‘rsatkichlar ko‘rib chiqildi. Ishlab chiqarish funksiyasi munosabatlar, almashtirish, resurslarning o‘zaro ta‘siri masalalarini o‘rganish imkonini beradi.

x_2 ni x_1 ga nisbatini hisoblab, fondlar sig‘imi kabi muhim iqtisodiy ko‘rsatkichni aniqlasa bo‘ladi. Bir ma‘noda o‘zaro ta‘sir qiluvchi resurslar bir birini almashtirishi mumkin. Bu shuni anglatadiki, ishlab chiqarish hajmi o‘zgarmasligi uchun, bir resurs birliginima‘lum bir boshqa resurs bilan almashtirilishi mumkin. Ishlab chiqarish funksiyasi asosida resurslarni almashtirishning chekli normasi hisoblash mumkin. Shunday qilib, mehnat xarajatlarini ishlab chiqarish fondlari bilan almashtirish chekli normasi (11.1) funksiya uchun:

$$\frac{\partial x_2}{\partial x_1} = - \frac{a_1 x_2}{a_2 x_1} \quad (11.10)$$

Minus belgisi yuqori ifodasida, o‘zgarmas ishlab chiqarish uchun bir resurs ortishi boshqa resurslarning kamayishiga mos keladi degan ma‘noni anglatadi.

Ko‘rib turganingizdek, resurslarni almashtirishning chekli normasi nafaqat a_1 va a_2 parametrlariga, balki resurslarning nisbatlariga ham bog‘liq. Fondlar

sig'imi qanchalik yuqori bo'lsa, ishlab chiqarish fondlari bilan jonli mehnatni almashtirish normasi yuqoriroq bo'ladi.

Ishlab chiqarish funksiyasining muhim xarakteristikasi ham ishlab chiqarishning xarajatlar bo'yicha elastiklik koeffitsientlarining summasi

$$A = a_1 + a_2$$

Ishlab chiqarish masshtabini kengaytirish bilan, $A = a_1 + a_2$ qiymatiga qarab, natijalarning uchta variantini olish mumkin.

Agar $A = 1$ bo'lsa, ishlab chiqarish sarfini k marta ko'paytirish, ishlab chiqilgan mahsulotlar miqdorlarining ham k marta ko'payishiga sabab bo'ladi, demak, iqtisodiy o'sishning ham shuncha marta o'sishiga olib keladi.

Agar $A > 1$ bo'lsa, ishlab chiqarish sarfining k marta ko'payishi ishlab chiqilgan mahsulot miqdorining k martadan ko'proq ko'payishiga sabab bo'ladi, iqtisodiy o'sishning k martadan ortiqroq ko'payishiga olib keladi.

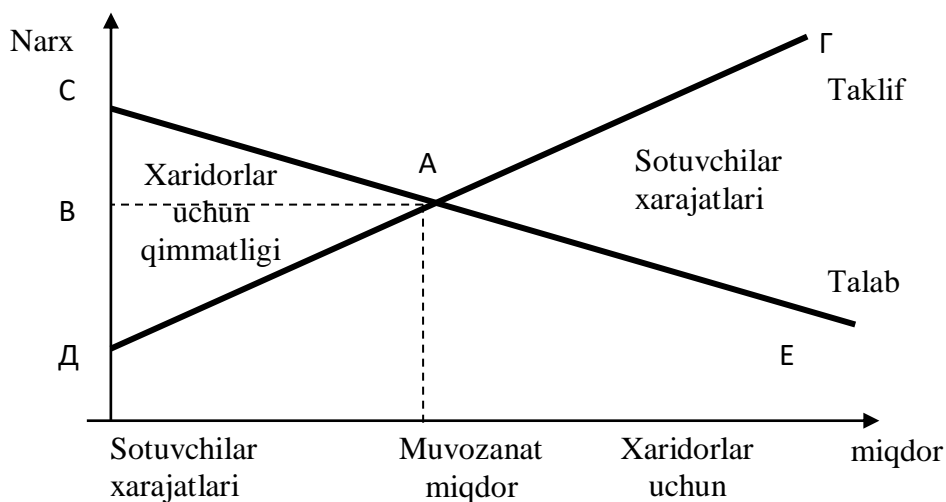
Agar $A < 1$ bo'lishi ishlab chiqarish sarfining k marta ko'paytirish ishlab chiqilgan mahsulotning k marta ko'payishini ta'minlaydi, demak iqtisodiy o'sishning k martadan kamroq miqdorga ko'payishiga sabab bo'ladi.

11.3. Talab va taklifning ekonometrik modellari

Bozor muvozanati xolatida resurslarning taqsimlanishi samaralimi yoki yo'qmi, bunda umumiy yutuq maksimal qiymatga erishadimi degan savolga javob axtarish uchun uni tahlil qilamiz.

Bozor muvozanat xolatida bo'lganida muvozanat narh bozorda ishtirok etishi mumkin bo'lgan sotuvchi va xaridorlarni aniqlab beradi. Bozorda mahsulotni shunday xaridorlar xarid qiladilar, agarda ular mahsulotni uning bozor narhidan yuqori baholaydilar (talab egri chizig'ida SA kesma bilan ifodalangan bo'lak); mahsulotni uning narhidan past baholagan individlar (AE kesma bilan ifodalangan bo'lak), uni xarid qilishdan bosh tortadilar. Xuddi shuningdek, xarajatlari mahsulot narhidan past bo'lgan ishlab chiqaruvchilar (DA kesma bilan ifodalangan)

mahsulotni ishlab chiqaradilar va sotadilar; xarajatlari bozor narhidan yuqori bo'lgan firmalar (AG kesma bilan ifodalangan), uni ishlab chiqarish bilan shug'ullanishni to'xtatadilar.



Xaridor uchun mahsulotning qiymatligi sotuvchining xarajatlaridan yuqori

Xaridor uchun mahsulotning qiymatligi sotuvchining xarajatlaridan past

11.1.-rasm.Muvozanat miqdorning samaraligi

Sof raqobatga asoslangan bozorni kuzatishlarga asoslanib quyidagi xulosalarni qilish mumkin:

1. Erkin raqobat bozorlari taklif qilinayotgan mahsulotlarni ularni narhidan qimmatroq baholaydigan xaridorlar o'rtasida taqsimlaydi (ularni pulini to'lashga tayyorliklari bilan aniqlanadi), qolgan potentsial xaridorlarga nisbatan.

2. Erkin bozorlar ishlab chiqarish xarajatlari past bo'lgan etkazib beruvchilarning mahsulotlariga talabni shakillantiradi.

3. Erkin bozorlar shunday miqdorda mahsulot ishlab chiqaradiki, ular iste'molchilar va ishlab chiqaruvchilarning umumiy yutuqlarini maksimalaydi.

Ushbu xulosalarning to'g'riligiga ishonch xosil qilish uchun yuqoridagi grafikka yana bir nazar tashlaymiz.

Talab chizig'i xaridorlar uchun mahsulotning qiymatligini ifodalaydi, taklif chizig'i esa – ishlab chiqaruvchilarning xarajatlarini. Muvozanat darajasidan past bo'lgan ishlab chiqarish xajmda xaridor uchun mahsulotning qiymatligi ishlab

chiqarish xarajatlaridan ortiq bo‘ladi. Bu soxada ishlab chiqarishning o‘shishi umumiy yutuqni ortishiga olib keladi va bu ortish ishlab chiqarilayotgan mahsulotning miqdori muvozanat darajasiga erishmagunicha davom etadi. Ishlab chiqarishning muvozanatdan yuqori bo‘lgan xajmida mahsulotning qimmatligi xaridor uchun ishlab chiqaruvchining xarajatlaridan pastdir.

Shunday qilib, muvozanat xajmdan ortiq mahsulotni ishlab chiqarish umumiy yutuqni qisqarishiga olib keladi.

Erkin bozor faoliyati natijalari haqida yuqorida qilingan hulosalar shuni ko‘rsatadiki, talab va taklifning muvozanati iste’molchilar va ishlab chiqaruvchilarning yutuqlarini yig‘indisini maksimalaydi.

Boshqacha qilib aytganida, resurslarning samarali allokatsiyasi bozor muvozanatining natijasidir. Erkin bozor sharoitida shakillanadigan bozor narhining o‘zi xaridor va sotuvchilarning xarakatlarini iqtisodiy resurslarni shunday taqsimlanishiga yo‘naltiradiki, buning natijasida umumiy yutuq maksimalashadi.

Bozor talabi egri chizig‘i. Aloxida bir mahsulotga bo‘lgan bozor talabi, bu shu bozorda ishtirok etuvchi barcha xaridorlarning individual talablarining yig‘indisidir.

Bozor talabining asosida individual talab yotadi, va uni shakillanishiga xar bir aloxida iste’molchining talablari ta’sir o‘tkazadi. Bozorda talab xajmi faqat mahsulotning narhidan bog‘liq bo‘lmaydi, shu bilan xaridorlarning daromadlaridan, ularning did va afzallik bildirishlari, kutishlari va boshqa o‘zoro bog‘liq mahsulotlar narhlari, hamda xaridorlar sonidan ham bog‘liq bo‘ladi. Bozor talabi egri chizig‘ini hosil qilish uchun individual talablar egri chiziqlarini gorizontal qo‘shib chiqish kerak bo‘ladi.

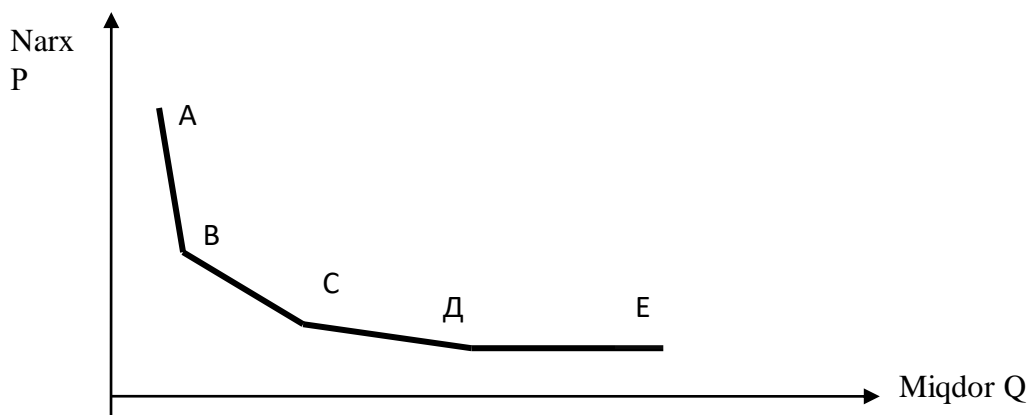
Ya’ni bozorda bo‘lishi mumkin bo‘lgan xar bir narh bo‘yicha mahsulotning talab qilinayotgan umumiy miqdori aniqlanadi. Buning uchun gorizontal o‘qi bo‘yicha individual talab miqdorlarni qo‘shib chiqiladi.

Xosil bo‘lgan bozor talabi egri chizig‘ini bozor mexanizimini faoliyaini o‘rganishda, korxonalarni joylashtirish va rivojlantirishda foydalanish mumkin. Bozor talabi egri chizig‘ining ko‘rinishi quyida keltirilgan.

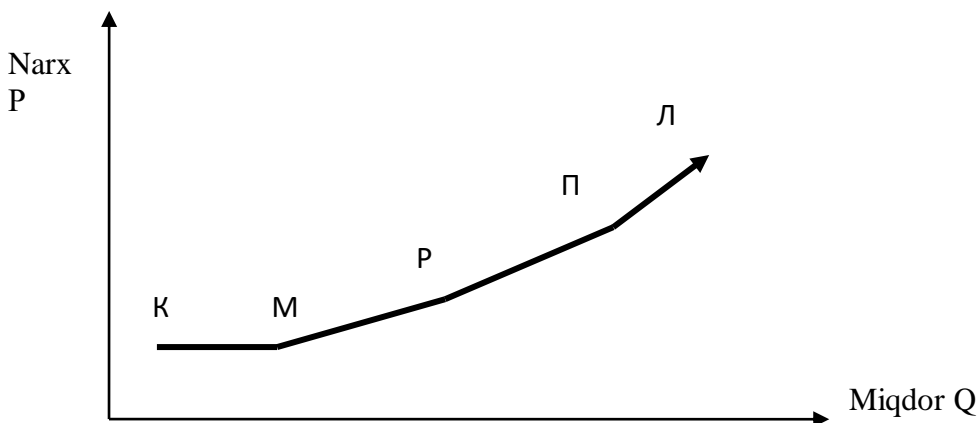
Bozor talabi egri chizig‘i siniq chiziqlardan tashkil topgan bo‘lib, bu siniq chiziqlar xar bir individual xaridorning talab chizig‘idan iboratdir. Bozorda xaridorlar ko‘p bo‘lsa siniq chiziq tekis egri chiziq ko‘rinishiga keladi.

Bozor faoliyatining ikkinchi ishtirokchilari – ishlab chiqaruvchilarning individual takliflarining umumiy yig‘indisi - **bozor taklifi egri chizig‘ini** hosil qiladi. Bozor taklifi xajmi aloxida sotuvchilarning taklifini aniqlovchi omillardan bog‘liq bo‘ladi: mahsulot narhi, ishlab chiqarish resurslarining narhi, texnika darajasi va kutishlardan hamda etkazib beruvchilarning sonidan. Bozor taklifi egri chizig‘i ham siniq chiziq ko‘rinishida bo‘lib quyida keltiriladi.

Bozor taklifi egri chizig‘i siniq chiziqlardan tashkil topgan bo‘lib xar bir chiniq chiziq bir ishlab chiqaruvchining taklif egri chizig‘idir. Bozor taklifi egri chizig‘ini xosil qilish uchun individual taklif egri chiziq lari gorizont al bo‘yicha qo‘shiladi. Ya‘ni, xar bir narhda umumiy taklif xajmini aniqlash uchun individual taklifni gorizont al o‘qi bo‘yicha qo‘shiladi.



11.2.-rasm.Bozor talabi egri chizig‘i



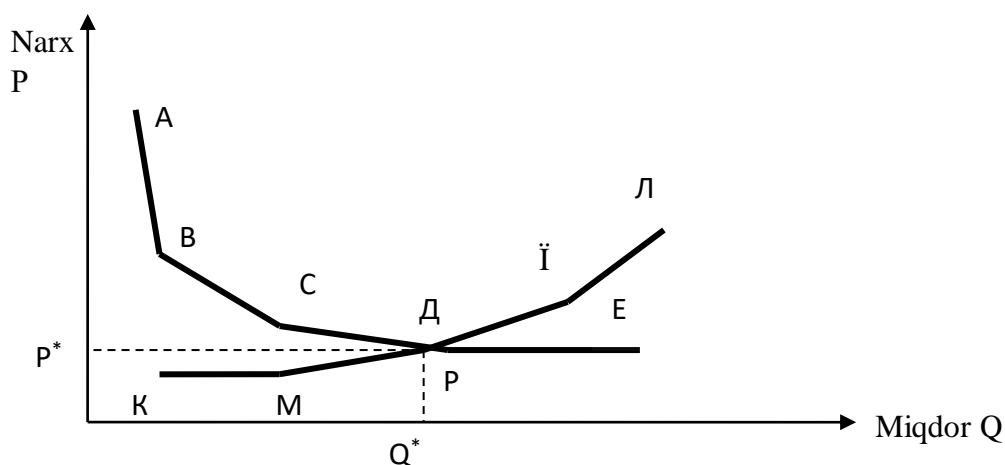
11.3.-rasm.Bozor taklifi egri chizig‘i

Bozorda umumiy talab va umumiy taklif birgalikda namoyon bo'lgani uchun ularning grafiklarini bir koordinata o'qida ifodalaymiz. Pastki rasmda bozor talabi va bozor taklifi bir nuqtada kesishadi.

Ushbu rasmdagi bozor talabi egri chizig'idagi AV, VS, SD, DE kesmalarning xar biri aloxida iste'molchining individual talab funksiyalaridir. Xuddi shuningdek, bozor taklifi egri chizig'idagi KM, MR, RP va PL kesmalar aloxida ishlab chiqaruvchilarning individual taklif funksiyalaridir.

Shunday qilib aytish mumkinki, xar bir iste'molchi va ishlab chiqaruvchi bozorga o'zlarining barcha xususiyatlarini aks etdiruvchi talab va taklif funksiyalari bilan chiqadilar. Keltirilgan modelda bu xususiyatlar faqat mahsulot narhida o'z aksini topgan.

Bozorda umumiy talab va umumiy taklif muvozanatga kelishgan nuqtada muvozanat narh - R^* va muvozanat ishlab chiqarish miqdori - Q^* aniqlanadi. Bozor ishtirokchilarining xar biri o'z talab va taklif funksiyasiga ega bo'lganliklari uchun bu narhda kim qancha mahsulot ishlab chiqaradi va kim undan qancha miqdorda xarid qilishi mumkinligini tezda aniqlab oladilar.



11.4.-rasm.Bozor talabi va bozor taklifi muvozanati

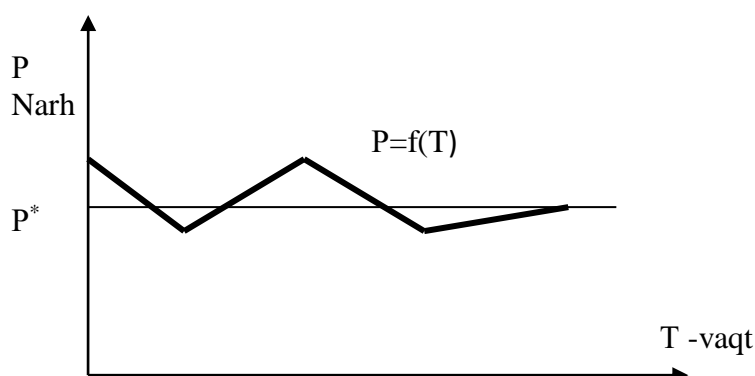
Yuqoridagi grafikda keltirilgan bozor talabi va bozor taklifi funksiyalari yordamida korxonani joylashtirish va rivojlantirish modelini tuzish uchun quyidagi shartlar berilgan deb faraz qilamiz: bozorda ishtirok etuvchi n –iste'molchining xar birining talab funksiyasi $q_d^1(P), q_d^2(P), \dots, q_d^n(P)$ berilgan bo'lsin. Xuddi

shuningdek, bozorda ishtirok etuvchi m -ta ishlab chiqaruvchilarning ham taklif funksiyalari ma'lum bo'lsin: $q_s^1(P), q_s^2(P), \dots, q_s^m(P)$. Ular yordamida bozor talabi va bozor taklifi funksiyalarini aniqlaymiz.

$$Q_D = q_D^1(P) + q_D^2(P) + \dots + q_D^n(P)$$

$$Q_S = q_s^1(P) + q_s^2(P) + \dots + q_s^m(P)$$

Bozor talabi va bozor taklifi funksiyalarining egri chiziqlari kesishgan nuqtada bozorni muvozanatga olib keluvchi talab va taklif miqdori aniqlanadi. Bozorda mahsulotning bozor narhi aniqlanganidan so'ng uning har bir ishtirokchisi o'zlarining iste'mol qilish va ishlab chiqarish imkoniyatlarini o'zlarining talab va taklif funksiyalari yordamida aniqlaydilar. Natijada har bir ishlab chiqaruvchi mahsulot ishlab chiqarishni rejalashtirgan korxonasida qancha miqdorda mahsulot ishlab chiqarsa qanday miqdorda yutuq-foyda olishini aniqlaydi. Bu ma'lumotlar asosida u qilgan xarajatlari va olinadigan natijalarni solishtirib bu soxada biznes bilan shug'ullanish mumkinmi, yoki bu soxani tark etish kerakligi xaqida muammoni hal qiladi. Bu model korxonalarni joriy davrda joylashtirish masalasini modellashtiradi. Agarda kelgusi davr uchun korxonalarni rivojlantirish masalasi ko'tarilsa ushbu bozorda mahsulot narhini o'zgarish dinamikasini kuzatish kerak bo'ladi. Bunday masalani echish uchun korxonani rivojlanishini bashorat qilinishda ko'zda tutilayotgan davrlar uchun bozorda mahsulot narhining o'zgarishini aniqlash kerak bo'ladi.



11.5.-rasm. Bozorda mahsulot narhini vaqt bo'yicha o'zgarish dinamikasi

Shunday qilib, iqtisodiy farovonlik instrumentlari – iste'molchilar va ishlab chiqaruvchilarning yutuqlari erkin bozorlarni samaradorligini baholash bilan birga

korxonalarining joylashishi va rivojlanishini modellashtirishda maqsad mezoni ko'rsatkichlari sifatida ham foydalanish mumkin. Bunda bozorning xar bir ishtirokchisi faqat o'zi manfaatlarini, farovonligini ko'zlab ish yuritsa ham, bozor narhi sharoitni muvozanat xolatiga olib kelishga xarakat qilib, bozor ishtirokchilarining barchasini manfaatlarini maksimallashtiradi.

Bozor samaradorligi muammosini hal qilishda va iste'molchilar va ishlab chiqaruvchilarning yutuqlari ko'rsatkichlaridan korxonalarni joylashtirish va rivojlantirish modellarida maqsad mezoni sifatida foydalanishda bozorning faoliyati bilan bog'liq bir nechta taxminlar qilingan edi. Agarda bu taxminlar o'z kuchini yo'qotsa, yuqorida qilingan xulosalar shubxa o'yg'otishi mumkin. Bularga quyidagilar kiradi:

1. Yuqoridagi xulosalar takomillashgan raqobat sharoitida faoliyat olib boruvchi bozorlarga ta'luqlidir. Xaqiqatda esa bozorlardagi raqobat sharoiti sof raqobatdan juda ham uzoqda. Ba'zi bir bozorlar bir yoki bir necha sotuvchilar yoki xaridorlar iborat bo'lib, ular bozor narhini nazorat, yoki bozor ustidan xukumronlik qilish imkoniyatiga ega bo'ladilar. Bozor ustidan xukumronlik qilish imkoniyatlari samaradorlikni pasayishiga olib kelishi mumkin, negaki xukumronlik qilish etkazib beruvchilarga mahsulot narhi va xajmini talab va taklif muvozanati xolatidan uzoqroqda bo'lgan darajada ushlab turish imkonini beradi.

2. Bozor faoliyati natijalari faqat xaridor va sotuvchilarning xattixarakatlaridan bog'liq deb taxmin qilingan edi. Ammo xaqiqatda ularning qarorlari faqat bu bozorga emas, shu bilan boshqa bozorga ta'luqli sub'ektlarga ta'sir qilishi ham mumkin. Xaridor va sotuvchilar iste'mol qilish va ishlab chiqarish xaqida qaror qabul qilib, boshqa bozorlardagi xolatlarni hisobga olmaydilar. Shuning uchun ushbu bozordagi muvozanat holati boshqa bozorlardagi muvozanat xolatiga to'g'ri kelmasligi mumkin va shu bilan ularning qarorlari butun jamiyat uchun samarali bo'lmasligi mumkin.

11.4. Makroiqtisodiy ekonometrik modellarning turlari va ularni iqtisodiy tahlilda qo'llanilishi

Makroiqtisodiy jarayonlar butun milliy iqtisodiyotning barcha tarmoqlarini qamrab oladi. Makroiqtisodiy jarayonlar asosan uchta katta jarayonlarni o'rganadi va tushuntirib beradi. Bular:

1. Ishsizlik.
2. Inflyatsiya.
3. Iqtisodiy o'sish.

Ishsizlik - bu mamlakat miqyosida faol, mehnatga yaroqli aholining ish bilan band bo'lmasligi tushuniladi.

Inflyatsiya - mamlakat miqyosida umumiy baholarning o'sishini ko'rsatadi.

Iqtisodiy o'sish - mamlakat aholisiga yalpi ichki mahsulotning yildan-yilga ko'proq ishlab chiqarilishi tushuniladi.

Ushbu uchta ko'rsatkich makroiqtisodiy muammolar hisoblanadi. Iqtisodiyotning beqaror rivojlanishi tufayli yuqoridagi muammolar vujudga keladi. Ushbu muammolarni hal qilishning bir necha usullari mavjud.

Ushbu muammolar turli xil sharoitlar, davlat olib borayotgan iqtisodiy siyosati, fiskal va monetar siyosat orqali vujudga kelishi mumkin.

Milliy iqtisod darajasida shakllantiriladigan kengaytirilgan takror ishlab chiqarish modeli o'sish sur'ati va proporsiyalarni aniqlash uchun xizmat qiladi. Iqtisodiy o'sishning bir sektorli va ikki sektorli modellarini ko'rib chiqish mumkin. Bunday modellarni yaratish uchun quyidagi belgilar qabul qilinadi.

$X(t)$ - bir yilda ishlab chiqarilgan milliy daromad;

$Y(t)$ - noishlab chiqarish sohasidagi asosiy fondlarning o'sishiga ketgan harajatlar hamda qo'shiladigan milliy daromadning iste'mol qilinadigan qismi;

$J(t)$ - asosiy ishlab chiqarish fondlarining o'sishiga kapital qo'yilmalar;

$S(t)$ - sof ishlab chiqarishga kapital qo'yilmalar me'yori (hissasi).

Bunday iqtisodiy mazmunga binoan quyidagi ifodani yozish mumkin:

$$X(t) = Y(t) + J(t)$$

Jamg'arma me'yori esa:

$$S(t) = \frac{J(t)}{X(t)}$$

formula bo'yicha aniqlanadi.

Jamg'arma me'yorini miqdori bilan iqtisodiy o'sish sur'ati o'rtasida uzviy aloqa mavjud. Bu bog'liqlikni ifodalash uchun $U(t)$ parametri belgilanadi. U milliy daromadning joriy o'sishi bilan asosiy ishlab chiqarish fondlariga (ya'ni, sarflangan kapital samarasining darajasi) sof kaptal qo'yilmalar yig'indisi o'rtasidagi nisbati xarakterlaydi:

$$U(t) = \frac{X(t+1) - X(t)}{Y(t)} = \frac{\Delta X(t)}{Y(t)}$$

$$Y(t) = S(t) \cdot X(t)$$

bo'lganligi uchun

$$U(t) = \frac{\Delta X(t)}{S(t) \cdot X(t)}; \quad \frac{\Delta X(t)}{X(t)} = S(t) \cdot U(t)$$

ega bo'lamiz.

Binobarin, milliy daromadning o'sish sur'ati sarflangan kapital samarasining jamg'arma iqtisodiy o'sish shaklini ifodalaydi. Agar jamg'arma me'yori va kapital qo'yilma bilan ta'minlanganlik iqtisodiy o'sish va oshish (kamayish) ning mustaqil parametrlari bo'lsa, jamg'arish me'yori boshqa teng sharoitlarda milliy daromad o'sish sur'atlarining proporsional ortishi (kamayishi) bilan birga kechadi. Sarflangan kapital samaradorligini doimiylik darajasini qabul qilib, Xarrod-Domarning iqtisodiy o'sish modeliga ega bo'lamiz.

$$X(t) = Y(t) + J(t)$$

$$\Delta K(t) = J(t)$$

$$J(t) = S \cdot X(t)$$

$$X(t) = q \cdot K(t)$$

Bunda $K(t)$ iqtisodiyotdagi asosiy ishlab chiqarish fondlarining hajmini belgilaydi. q fondlarning samaradorlik koeffitsientidir $q=X/K$. Bu modelda

«kechiqish» yo‘q bo‘lganda, iqtisodiy o‘shning uzoq muddatli sur‘ati tenglamasini chiqarish mumkin:

$$\lambda = \frac{\Delta X(t)}{X(t)} = q \cdot S$$

Iqtisodiy o‘shning nazariy modelida yangi ishlab chiqarish quvvatlarini ko‘rish va o‘zlashtirish ma‘lum vaqtni (lagni), ya‘ni L va K o‘rtasidagi vaqt lagi mavjud) olishi fakti abstraklashtiradi.

Pirovard xilma-xil nisbatdan differentsial tenglama orqali uzluksiz yozish shakliga o‘tamiz.

Bunda mehnat unumdorligining o‘sh sur‘ati

$$q(t) = \frac{X(t)}{L(t)}$$

va uning fond bilan ta‘minlanganligini

$$q(t) = \frac{K(t)}{L(t)}$$

bog‘lovchi o‘zaro nisbatga asoslanamiz; bu yerda $L(t)$ ijtimoiy ishlab chiqarishda band bo‘lgan ishchilar sonini ifodalaydi. Demak,

$$\frac{q(t)}{q(t)} = F\left(\frac{U(t)}{U(t)}\right).$$

Rejali iqtisodiyot sharoitida ish bilan band bo‘lganlar o‘sh sur‘atining $L/L=n$ qandaydir barqaror ekzogen shakllantiruvchi mavjud deb taxmin qilish mumkin. Iqtisodiy o‘shning bir sektorli makroiqtisodiy modeli («Solou modeli») quyidagicha yoziladi:

$$X(t) = Y(t) + U(t) \cdot K(t) = I(t)$$

$$\frac{q'(t)}{q(t)} = F\left(\frac{U'(t)}{U(t)}\right) \quad \frac{L'(t)}{L(t)} = const = n.$$

Rasman yuqorida keltirilgan model iqtisodiy rivojlanishning statsionar traektoriyasini beradi. Bunda daromadning o‘shisi jamg‘arish me‘yoriga bog‘liq bo‘lmaydi. Jumladan, (F chiziqli funksiyasi uchun) biz quyidagini olamiz:

$$\frac{X}{Y} = n \cdot \frac{\nu}{1-\alpha}$$

Shunga ko'ra statsionar traektoriyadagi o'sish sur'ati jamg'arish me'yorining darajasidan qat'iy nazar ish bilan bandlikni o'sishi hamda α va ν parametrlari (texnik taraqqiyot sur'ati) bilan aniqlanadi.

Nazorat uchun savollar

1. Ishlab chiqarish funksiyasini boshqa modellardan farqi?
2. Ishlab chiqarish funksiyalarining turlari?
3. Ishlab chiqarish funksiyalarning parametrlarini xususiyatlari.
4. Ishlab chiqarish funksiyalarda ilmiy-texnik taraqqiyotning ahamiyati.
5. O'sish turlari.
6. Chegaraviy ko'rsatkichlarning xususiyatlari nimadan iborat?
7. Ekstensiv va intensiv o'sishni ta'minlovchi omillar?
8. Kobba-Duglas funktsiyasini asosiy xususiyatlari.
9. O'rnini bosish elastikligi qanday tahlil qilinadi?
10. Iqtisodiy tahlil kursatkichlaridan amalda qanday foydalanish mumkin?

12-BOB. IQTISODIY KO‘RSATKICHLARNI PROGNOZLASHDA EKONOMETRIK MODELLARDAN FOYDALANISH

12.1. Ijtimoiy-iqtisodiy prognozlashning umumiy tushunchalari va ob’ektlari.

12.2. Prognozlash usullari va ularning turlari.

12.3. Ekonometrik tenglamalar tizimi yordamida prognozlash uslubiyoti.

12.1. Ijtimoiy-iqtisodiy prognozlashning umumiy tushunchalari va ob’ektlari

Prognoz - bu ehtimol yo‘nalishlar, ob’ektlar va hodisalarning rivojlanishi natijalari. Prognozlash - bu ob’ektni rivojlantirish istiqbolini belgilab beradigan maxsus ilmiy tadqiqotlardir.

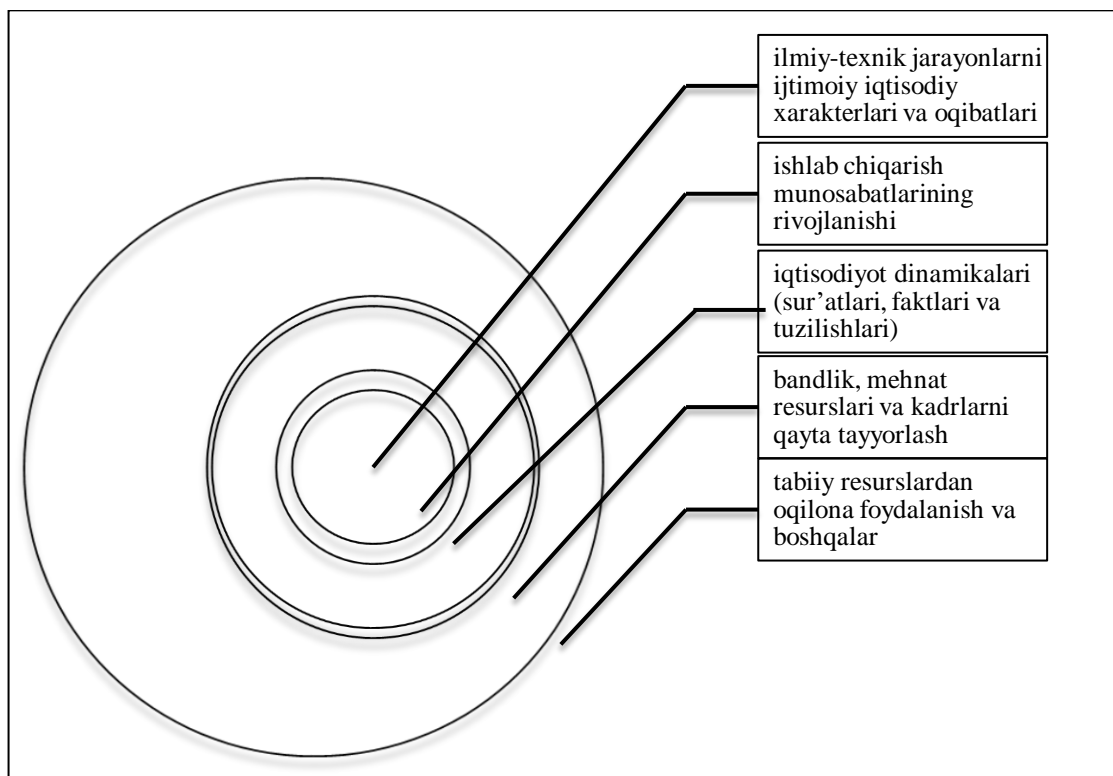
Prognozlash nima bo‘lishi mumkinligini ko‘rsatib beradi; rejalashtirish - bo‘lishi shart degan ma’noni bildiradi.

Prognozlash sohalari juda keng: geografik, geologik, ekologik, iqtisodiy, sotsial, tashqi-siyosiy, yuridik va h.k.

Iqtisodiy prognozlash - bu iqtisodiy qonunlarga ilmiy yondoshgan holda iqtisodiy tizimlarni prognozlarini tuzish jarayonidir.

Iqtisodiy prognozlash – bu, iqtisodiy jarayonlarni bilishning ilmiy usullari hamda prognozlashning barcha usul va yo‘llari yig‘indisini qo‘llash orqali iqtisodiy prognozlarni ishlab chiqishidir.

Iqtisodiy prognozlashning nazariy muhim muammolaridan biri prognozlar turlarining tuzilishi hisoblanadi. Turlar - har xil mezonlar va belgilariga asoslanib qurilishi mumkin (12.1.-rasm.)



12.1.-rasm. Prognozlarning turlari¹⁴

Masalan, ob'ektlarga, prognozlash usullariga, yechiladigan masalalarga, vazifalarga va boshqalarga. Bulardan eng muhimlariga quyidagilar kiradi:

- prognozlash ko'lami;
- prognozlash muddati;
- ob'ekt xarakteri;
- prognoz funksiyalari (funksional belgi).

Tuzilish muddati bo'yicha prognozlar operativ, qisqa muddatli, o'rta muddatli, uzoq muddatli turlarga bo'linadi.

Prognozlarning izlanilayotgan ob'ekt xarakteriga ko'ra bo'linishlari har xil qayta ishlab chiqarish jarayonlari bilan bog'liq. Shunga ko'ra, prognozlash quyidagilarga ajratiladi.

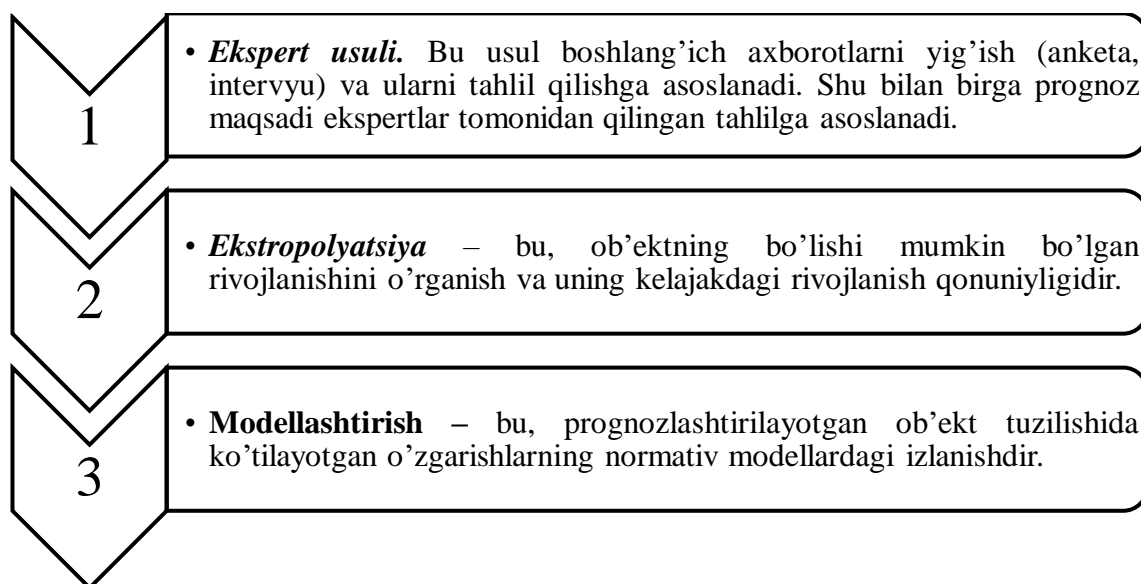
Prognozlar funksional belgisiga qarab ikkiga - normativ va izlanuvchi prognozlarga bo'linadi.

¹⁴John E. Hanke, Arthur G. Reitsch, Dean W. Wechern. Business forecasting. Seventh edition. 2010 by Pearson Education, Inc.p. 45

Izlanuvchi prognozlar: izlanayotgan ob'ektlarning kelajakdagi rivojlanish darajasiga asoslangan bo'lib, bu darajalarni qo'llash sharoitlaridan cheklashadi. Uning vazifasi o'rganilayotgan ob'ekt bor tendentsiyalar saqlangan holda qanday rivojlanishini o'rganishdir.

Normativ prognozlar: izlanuvchi prognozlaridan farqli o'laroq oldin qo'yilgan maqsadlar bazasida ishlab chiqiladi. Uning vazifasi maqsad qilib olinayotgan ob'ektning kelajakdagi holatini prognozlash yo'li va erishish vaqtini aniqlashdir.

Izlanuvchi prognozlar ob'ektning oldingiga nisbatan kelajakdagi holatini aniqlashdan qaytayotgan bir vaqtda, normativ prognoz teskari tartibda amalga oshiriladi, ya'ni kelajakdagi holatini qo'yilgan maqsadining tendentsiyalari va uni qo'llash tartibida amalga oshiriladi.



Prognozlar turlanishi prognozlash yo'llari bilan uzviy bog'liq. Bir - birini to'ldiruvchi uch xil prognozlash usullari mavjud.

Usul – bu, o'rganish yo'llari va usullarini tanlash hamda shu tarmoqdagi haqiqat ko'rinishlarini umumiyashtirishdir. Iqtisodiy prognozlashning usuli har bir tarmoqda bo'lganidek izlanayotgan ob'ektlarga qarashli, o'rganilayotgan omil va ko'rinishlar asosiga kirish mumkin bo'lgan dialektik usuldir. U umumiy ilmiy usullar va izlanishiga yondashuv hamda iqtisodiy ko'rinishlarni ilmiy prognozlashga asoslangan o'ziga xos usullar asosida ishlatiladi.

Umumiy yondoshuvlardan quyidagilarni ajratish mumkin:

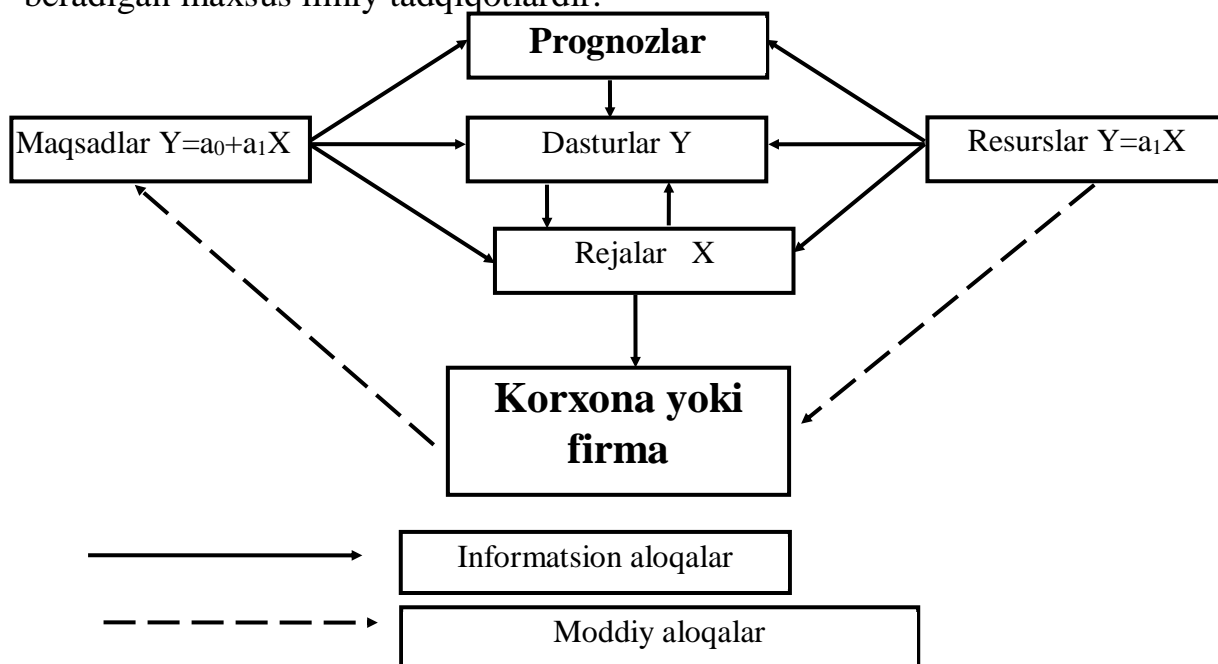
- tarixiy yondashuv;
- kompleks yondashuv;
- tizimli yondashuv;
- strukturaviy yondashuv;
- tizimli-tarkibiy yondashuv.

Hozirgi kunda kelajakni baholashni 2 turi hayotga tadbiiq etilgan: ilmiy baholash va noilmiy ko‘ra bilish. Kelajakni ilmiy baholashning turlari:

Oldindan aytib berish - bu kelgusidagi muammoni hal qilishning mumkin bo‘lgan yoki istalgan istiqbolda holatini bayon qilishdir. Boshqacha qilib aytganda, oldindan aytib berish - kelgusida bo‘ladigan ma‘lum jarayonlarning holati haqidagi ishonchli fikrni bildiradi.

Oldindan ko‘ra bilish - tizimni rivojlantirishning qonuniyatlariga asoslangan, haqiqatni, oldindan aks ettirishdir. Bu narsa tizimning kelgusidagi holati haqida ma‘lum xulosa chiqarish imkonini beradi.

Istiqbollash (prognoz) - bu ehtimol yo‘nalishlar, ob‘ektlar va hodisalarning rivojlanishi natijalari. Prognozlash - bu ob‘ektni rivojlantirish istiqbolini belgilab beradigan maxsus ilmiy tadqiqotlardir.



12.2.-rasm. Ishlab chiqarish va boshqarish jarayonlarining chizmasi

Rejalashtirish - bu aniq belgilangan maqsad, uni amalga oshirishning yo‘llari va tadbirlari, belgilangan xom ashyolar bilan ajralib turadi.

Reja - yakka yagona, ijrosi majbur bo‘lgan direktiv hujjatdir. Shunday qilib rejalashtirish, prognozlash, oldindan aytib berish, oldindan ko‘ra bilish - kelajakni baholashning ishonchlilik darajasiga qarab biri biridan farq qiladi.

Avvalo iqtisodiy tizimni rivojlanishini maqsadi aniqlanadi. Quyidagi maqsadga kelajakda bo‘lishi mumkin holatlari o‘rganilib prognoz qilinadi. Eng samarali tanlangan rivojlanish variantlari, kompleks dasturlarni tuzilishiga informatsion baza sifatida qo‘llanib, prognoz qilingan holatga tizim erishish uchun, qanday tadbirlar amalga oshirilishi kerakligini dastur ko‘rinishida to‘zib olinadi.

Istiqbollash jarayoni ob‘ektning tahlilidan boshlanadi. Bu tahlil ob‘ektning tanlash, prognozlash maqsadida, ob‘ektga ta‘sir etuvchi omillarni o‘rganish, uning tarkibi, boshqarish usullarni o‘rganishdan iborat. Iqtisodiy tizim juda katta va murakkab bo‘lgani uchun uni o‘rganishda tizimli tahlil usuli qo‘llanadi.

Bu usulni asosiy tamoyillari quyidagicha:

1. Murakkab tizim juda ko‘p elementlardan iborat. Bu elementlar bir-biri bilan bog‘langan bo‘lib, murakkab strukturani tashkil etadi.
2. Murakkab tizim yaxlitlik xususiyatiga ega. Bunday tizimlar har doim maqsadga intilgan bo‘ladi, samarali holatga erishishga harakat qiladi.
3. Tizim kirish va chiqish yo‘llari orqali tashqi muhit bilan bog‘langan.



Faraz qilaylik tizim holatini aniqlaydigan 3 vektor ma‘lum bo‘lsin.

$$X_t = (X_1, X_2, \dots, X_m)_t \quad S_t = (S_1, S_2, \dots, S_k)_t \quad Y_t = (Y_1, Y_2, \dots, Y_n)_t$$

Tizimni chiqish holati kirish parametrlari va tizimni ichki holati bilan quyidagicha bog‘langan:

$$Y_t = f(X_t, S_t)$$

Bu yondoshuv ekonometrik modellashtirishda qo‘llaniladi.

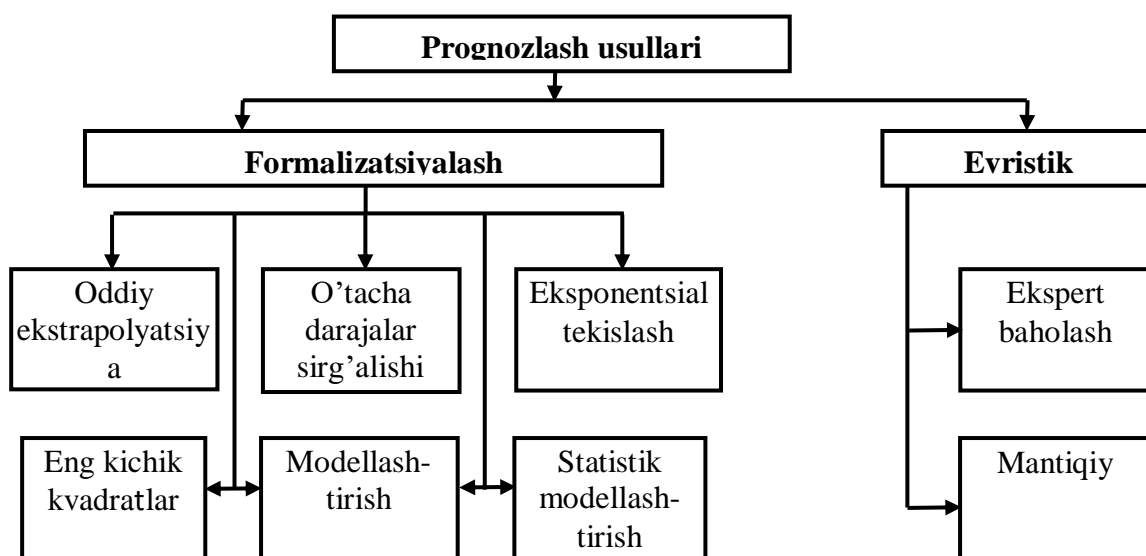
4. Har bir murakkab tizimni elementlarga bo'lish mumkin. Masalan: iqtisodiyot elementlari bu tarmoqlar, korxonalar elementlari - bo'limlar va h.k. Tizimni elementlari ierarxiya tamoyillariga bo'ysunadi.

12.2. Prognozlash usullari va ularning turlari

Prognozlashtirish masshtabiga ko'ra makroiqtisodiy va mikroiqtisodiy prognozlarga ajratiladi.

Tuzilish intervali bo'yicha operativ, qisqa muddatli va uzoq muddatli bo'lishi mumkin. Qisqa muddatli prognozda faqat miqdoriy o'zgarishlar e'tiborga olinadi. Uzoq muddatli prognoz ham miqdoriy, ham sifat o'zgarishlarga asoslangan bo'lib, o'z o'rnida o'rta muddatli va uzoq muddatli bo'lishi mumkin.

Prognozlash yo'nalishlariga ko'ra izlanishli va normativ bo'lishi mumkin. Izlanishli prognoz – agar hozirgi tendentsiyalar saqlanib qolsa iqtisodiy tizim qanday rivojlanadi?, degan savolga javob beradi. Boshqa so'z bilan aytganda tizimga ta'sir etuvchi omillar o'zgarmasa, u qanday holatga kelishi mumkin? Normativ prognoz bo'lajak maqsadlarga erishish uchun tizimni rivojlanish yo'nalishlarini va muddatlarini aniqlaydi (belgilaydi). Maqsad qilingan holatga tizim erishish uchun, ta'sir etuvchi omillarga qanday o'zgarishlar kiritish zarur?



12.3.-rasm. Prognozlash usullari¹⁵

¹⁵ Shodiev T.Sh. va boshqalar. Ekonometrika. O'quv qo'llanma. –T.: TDIU, 2010, 123 b.

Iqtisodiy jarayonlar yoki boshqa kuzatuvlar natijasida miqdoriy ma'lumotlarga ega bo'lmagan hollarda, ya'ni hodisa yoki jarayon bo'yicha miqdoriy ma'lumotlar bo'lmasa u holda ekspertlardan foydalaniladi. Ekspertlar ma'lum bir soha bo'yicha etakchi mutaxassislar bo'lib, ular o'zlarining kompetensiyasi doirasida u yoki bu hodisa va jarayonlar bo'yicha xulosalar ishlab chiqadilar.

Ekspert (lotincha «tajribali») amalga oshiradigan ekspertiza jarayoni uch bosqichdan iborat:

- 1) ekspertizaga tayyorlanish;
- 2) ekspertlar bilan so'rov o'tkazish;
- 3) so'rov natijalarini qayta ishlash.

Ekspertlarning o'zlari ikkinchi bosqichda qatnashadilar.

Tayyorgarlik ishi uch qismdan iborat:

- 1) savol shakli va mazmunini belgilash.
- 2) savollarni tuzish.
- 3) ekspertlarni shaxsan tanlash va jalb etish.

So'rov shakllari: intervyu olish, muloqot, yig'ilish, g'oyalarni tanlash, o'yinlar o'tkazish, anketa tuzish va Delfi usuli.

So'roqlar individual yoki guruhlarda, yuzma-yuz va sirdan o'tkazish mumkin.

Anketa va intervyularda savolni tanlash qiyin. Savollar ochiq yoki yopiq yoki bir necha shaklda bo'lishi mumkin. Ochik javoblar sifatli yoki erkin holda sonli ifodalar bo'ladi.

Yopiq savolga javoblar: «ha», «yo'q», «bilmayman» singari bo'ladi.

Ko'p savollar bo'lganda zarur javob chiziladi.

Ekspertlar guruhini tuzish. Avvalambor ekspertlarni tanlash, ularning malakalariga e'tibor berish va keyinchalik guruhlar tuzish zarur.

Kerakli belgilardan ekspertning ishchanligi, mahorati, o'rganilayotgan sohaning mutaxassisi bo'lishi zarur. Buning uchun ko'p mutaxassislariga savol berilib, u yoki bu sohada kim ekspert ekanligini so'rash mumkin. Keyinchalik eng ko'p ovoz olgan ekspertni guruhga kiritish lozim:

$$X_{ij} = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}.$$

Ishbilarmonlik bilan ishtirokchilarning boshqa sifatlari ilmiy yondashishi, fikrlash doirasi va saviyasi ham hisobga olinadi.

Guruhlardagi ekspertlar soni so'rov usuliga bog'liq. Yuzma-yuz uchrashuv uchun 10-15 kishi kifoya. Agar vaqt, mehnat va mablag' sarfi cheklanmagan bo'lsa, sirdan so'roq o'tkazganda ekspertlar soni cheklanmagan.

G'oyalarni jamoa generatsiyalash usuli. Bu usul «g'oyalar jangi» deb nom olgan. U yuzma-yuz so'rov usuli bo'lib, XX asrning 50-yillarida kashf etilgan. Dastlab 10-15 kishidan iborat guruh tuziladi. Tayyorgarlik jarayonida ekspertlarga eslatma tayyorlanadi va unda muammoli holatlar, markaziy masalalar, muhokama savollari va oldindan g'oyalarni o'ylab qo'yish so'raladi.

Yig'ilishni o'tkazish uchun rais saylanadi. U yig'ilishni ochadi. Ekspertlarga nutq uchun 2-3 minut ajratiladi va u bir necha gal takrorlanadi. Bu usulda tanqidiy fikrlar ijobiy muhokama qilinadi.

Muhokama stenogramma qilinadi. Muhokamaga 20-45 minut ajratiladi.

Keyingi bosqichda seans natijalari boshqa mutaxassislar guruhi tomonidan qayta ishlanadi. Bu bosqichda jami g'oyalar tanqid etiladi va g'oyalar, takliflarning so'nggi ro'yxati tuziladi. Bu ro'yxatga samarali va amaliy g'oyalar kiritiladi.

Delfi usuli. Delfi usuli AQSh da XX asrning 60-yillarda yaratilgan. U sirdan so'rov o'tkazishga asoslangan. Uning xususiyatlari: sirtqi, anonim, so'rovlar bir necha bosqichlarda o'tkaziladi hamda teskari aloqa mavjud, birinchi turdan tashqari har gal ekspertlar oldingi turdagi natijalar haqida ahborot olishadi.

Dastlab ekspertlarga anketalar tarqatiladi, unda muammo izohlanadi, savollar ro'yxati va unga javob berish tavsifi keltiriladi.

Ekspert javoblarni imzo qo‘ymasdan pochta orqali jo‘natiladi. Tashkilotchilar ekspertlar javoblarini qayta ishlaydi, baho chiqaradi. Mazmun jihatdan o‘rtachalar, farqlar va dispersiya hisoblanadi. Bir oy o‘tgandan keyin ikkinchi tur o‘tkaziladi. Ekspertlarga birinchi tur natijalari bayon qilinib savollar beriladi. Birinchi tur javoblarini inobatga olib ekspertlardan savollarga javob berishi so‘raladi. Javoblar yana umumlashtirilib zarur bo‘lsa yana qo‘shimcha turlar o‘tkaziladi. Agar uchinchi turdan so‘ng javoblardagi farqlar katta bo‘lmasa so‘rov o‘tkazish tuxtatiladi. Oxirgi tur natijalari umumlashtiriladi va tugallangan hisoblanadi.

Ekspertlarning javoblarini qayta ishlash. Agar javob sonli miqdorlarda bo‘lsa, jami ekspertlar guruhining javobini baholash uchun arifmetik o‘rtacha, mediana va moda topiladi. Fikrlar farqi uchun variatsiya, kvadratik farq, dispersiya va kvartillar hisoblanadi.

Ekspert baholashning ayrim usullarida, jumladan Delfi usulida mediana, birinchi va uchinchi kvartillar hisoblanadi.

Arifmetik o‘rtachaga nisbatan mediana afzalligi:

- birinchidan, mediana ayrim ekspert fikriga to‘g‘ri kelishi;
- medianaga ayrim ekspertlarning javobi o‘rtachadan farq qilishi ta‘sir qilmaydi.

Ikkinchidan kvartil mediana bilan mos keladi. Shuning uchun har bir turda Delfi usuli uchun mediana, birinchi va uchinchi kvartil hisoblanadi.

Prognozlashda **ekstrapolyatsiya usuli** o‘rganiladigan ob‘ektning rivojlanishiga taalluqli bo‘lgan omillarning doiraviylik, o‘zgarmaslik shartiga asoslangan bo‘lib, ob‘ektning o‘tmishdagi va shuncha asoslanib kelajakdagi rivojlanish qonuniyatlarini o‘rganadi.

Dinamik qatorlarning o‘zgarish darajalariga qarab ekstrapolyatsiya oddiy va murakkab bo‘lishi mumkin. Prognozlashning oddiy ekstrapolyatsiya usuli tenglamalarining absolyut qiymatlari, qatorlarning o‘rta qiymatlari, o‘rtacha absolyut o‘sish va o‘sishning o‘rtacha tezligiga nisbatan o‘zgarmas qiymatlarga ega degan xulosaga asoslangan. Prognozning murakkab ekstrapolyatsiya usuli,

trendni ifodolovchi statistik formulalarni qo‘llashga asoslangan bo‘lib ikki turga: takomillashgan va analitik turlarga bo‘linadi. Prognozning takomillashgan usulida vaqt bo‘yicha ketma-ket keladigan prognoz qiymatlarini avvaldan mavjud bo‘lgan ko‘rsatkichlar asosida hisoblab topiladi. Bunga o‘zgaruvchan va eksponentsial o‘rta qiymat, garmonik vaznlar avtoregression o‘rta qiymat, garmonik vaznlar avtoregression o‘zgartirish usullari kiradi. Analitik usul eng kichik kvadrat usuli yordamida f_t - ning determinik tarkibini aniqlashdan iboratdir.

Bir o‘lchamli vaqtli qatorlarni modellash usullari.

Qisqa muddatga prognozlash keng qo‘llaniladigan prognozlash usuli ekstrapolyatsiya usulidir. Ekstropolyatsiya usuli prognozlashni odatda bir o‘lchamli vaqtli qatori asosida amalga oshiradi. Ma’lumki bir o‘lchamli vaqtli qatorlarni modellash usullari iqtisodiy ko‘rsatkichlarning dinamik qatorlarga asoslangan bo‘lib quyidagi to‘rt tarkibiy qismlardan tashkil topgandir: 1) tahlil qilinadigan jarayonning uzoq davrda rivojlanish qonuniyatlari yo‘nalishi tendentsiyasi, 2) tahlil qilinadigan jarayonda ayrim hollarda uchraydigan mavsumiy tarkibiy qismlar; 3) davriy tarkibiy qismlar; 4) tasodifiy omillar sababi yuzaga keladigan tasodifiy tarkibiy qism.

Rivojlanish yo‘nalishi (tendentsiyasi) rivojlanishining uzoq muddatli evolyutsiyani bildiradi. Dinamik qatorlarning rivojlanish yo‘nalishi silliq egri chiziq bo‘lib, trend deb ataluvchi vaqt funktsiyasi bilan ifodalanadi. Trend – tasodifiy ta’sirlardan holi holda vaqt bo‘yicha harakat qonuniyatidir. Trend vaqt bo‘yicha regressiya bo‘lib, doimiy omillar ta’sirida yuzaga keladigan rivojlanishning determinik tarkibiy qismidir. Trendlardagi chetlanishlar tasodifiy omillar sababli yuzaga keladi. Yuqoridagilarga asoslanib vaqt qatori funktsiyasini quyidagicha beramiz:

$$y_t = f(t) + \varepsilon_t$$

f_t – jarayonlarning vaqt bo‘yicha yo‘nalishining doimiy tarkibiy qismi;

ε_t – tasodifiy tarkibiy qismi;

Vaqtli qatorlar rivojlanishida uchta yoʻnalish: oʻrta darajalar yoʻnalishi; dispersiya yoʻnalishi; avtokorrelyatsiya yoʻnalishi mavjuddir.

Oʻrta daraja yoʻnalishi f_t koʻrinishda funktsiya boʻladi. Dispersiya yoʻnalishi - vaqtli qatorlarning empirik qiymatlarining trend tenglamalari yordamida aniqlangan qiymatlaridan chetlanish. Avtokorrelyatsiya yoʻnalishi - vaqtli qatorlarning darajalari oʻrtasidagi bogʻliqliklarning oʻzgarishi.

Iqtisodiy-ijtimoiy jarayonlarni modellashtirishning keng tarqalgan usuli vaqtli qatorlarni tekislash usulidir. Tekislash har xil usullar mavjud boʻlib, ularning eng asosiylari qatorlarning amaldagi qiymatlarini hisoblab topilganlari bilan almashtirishdir.

Chiziqli trendlar keng tarqalgan boʻlib ularni umumiy holda quyidagicha yozamiz:

$$\bar{y}_t = \sum_{\tau=-q}^s a_{\tau} y_{t+\tau}$$

bu yerda:

\bar{y}_t - t davrda tenglama qiymatlarini tekislash;

a_{τ} - t davrdan masofada turgan qatorlar darajasining vazni;

s - t davrdan soʻng darajalar soni;

q - t davrgacha boʻlgan darajalar son

a_{τ} vazn qabul qiladigan qiymatlarga qarab yuqoridagi formula boʻyicha tekislash oʻzgaruvchi oʻrta qiymat yoki eksponentsal oʻrta qiymat yordamida amalga oshiriladi.

Tekislash jarayoni ikki bosqichda amalga oshiriladi: egri chiziq koʻrinishi tanlash, uning parametrlarini baholash.

Egri chiziqning koʻrinishini tanlashning har xil yoʻllari mavjud boʻlib, uning grafigi boʻyicha tenglamalari tanlab olinadi.

1) polinomlar: $\bar{y}_t = a_0 + a_1 t$ - birinchi darajali

$\bar{y}_t = a_0 + a_1 t + a_2 t^2$ - ikkinchi darajali

$\bar{y}_t = a_0 + a_1t + a_2t^2 + a_3t^3$ - uchinchi darajali

$\bar{y}_t = a_0 + a_1t + \dots + a_kt^k$ - k -chi darajali

2) har xil eksponentlar :

$$\bar{y}_t = a_0 a_1^t$$

$$\bar{y}_t = a_0 a_1^{b_1t + b_2t^2}$$

$\bar{y}_t = b + a_0 a_1^t$ modifitsilashgan eksponent.

3) mantiqiy egri chiziqlar:

$$\bar{y}_t = \frac{K}{1 + a_0 e^{-a_1 t}}$$

$$\bar{y}_t = \frac{K}{1 + 10^{a_0 + a_1 t}}$$

Bu yerda e - natural logarifm asosi

4) Gomperts egri chizigi:

$$\bar{y}_t = k a_0^{a_1^t}$$

Egri chizikli aniqlashning boshqa yo‘li birinchi, ikkinchi va x.k. darajalar ayirmasini topishdan iboratdir ya’ni:

$$\Delta_{t^1} = y_t - y_{t-1}, \quad \Delta_{t^2} = \Delta_{t^1} - \Delta_{t-1}^1, \quad \Delta_{t^3} = \Delta_{t^2} - \Delta_{t-1}^2$$

Bu jarayon ayirmalar bir-biriga tenglashguncha davom etadi.

O‘rtacha absolyut o‘shish bo‘yicha ekstrapolyatsiya. Prognoz iqtisodiy rivojlanish variantlarini avvalgi rivojlanish omillari va yo‘nalishlari prognoz qilinish davrida ham saqlanib qoladi degan gipoteza kelib chiqib aniqlaydi. Bunday gipoteza qilishga iqtisodiy holat va jarayonlarning etarlicha inertligi sabab bo‘ladi.

Dinamik qatorlarning ekstrapolyatsiyasi asosida prognoz qilish har qanday statistik prognozlashlar singari erishilishi lozim bo‘lgan aniq maqsadga yo‘naltirilgan yoki intervalli bo‘lishi mumkin.

Ekstrapolyatsiyani umumiy holda quyidagi funktsiya qiymatini aniqlash deb qarash mumkin.

$$y_{t+l} = f(y_i, l, a_j)$$

bu yerda y_{t+l} - dinamik qatorning prognoz qilinadigan qiymati;

l - oldindan aytilishi lozim bo'lgan davr;

y_i - ekstrapolyatsiyaga asos qilib olingan qatorlar darajasi;

a_j - trend tenglamalari parametrlari.

Bir o'lchamli dinamik qatorlar ekstrapolyatsiyalashning eng oddiy usuli shu qatorlarning o'rta xarakteristikasini qo'llash hisoblanadi:

- o'rtacha darajalar, o'rta absolyut o'sish va o'sishning o'rtacha tezligi.

Qatorlarning o'rta darajasi asosida ijtimoiy-iqtisodiy holatlarni ekstrapolyatsiyalashda prognoz qilinuvchi daraja qatorlar darajasining o'rta qiymatiga teng bo'ladi:

$$y'_{t+l} = \bar{y}$$

Bu holda ekstrapolyatsiya prognostik aniq bahoni beradi. Shunga qaramasdan berilgan baholarning amaldagi ma'lumotlar qiymatlari bilan aniq to'g'ri kelishi kamdan-kam hollarda bo'ladi. Shuning uchun prognoz natijalari ma'lum intervalda berilishi kerak va bu interval

$$y_{t+l} \pm t_{\alpha} S_{\bar{y}}$$

bo'yicha aniqlanadi.

Bunda t_{α} - Styudentning t mezoni qiymati

$S_{\bar{y}}$ - o'rtacha kvadrat xatolik va u $S_{\bar{y}} = \frac{S}{\sqrt{n}}$ yordamida aniqlanadi.

O'rtacha absolyut o'sish bo'yicha ekstrapolyatsiya. Agar rivojlanish yo'nalishi chiziqli deb qabul qilinsa, ekstrapolyatsiya o'rtacha absolyut o'sish bo'yicha amalga oshiriladi.

$$\sigma_{\text{коп}}^2 \leq \rho^2 \quad \rho^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{\sum \Delta_i}{n}$$

bu yerda $\sigma_{\text{коп}}^2$ - dispersiya qoldig'i

$\sum \Delta_i$ - ning boshlang'ich va oxirgi qiymatlari oralig'idagi o'sish miqdori

Bizni kiziqtirgan y'_{t+l} ning prognoz qiymatlarini topish uchun absolyut o'rish $\bar{\Delta}$ ni aniqlash lozim. Keyin y_i ning ekstrapolyatsiyalashga asos qilib olingan dinamik qator darajalarini aniqlab olib ekstrapolyatsiya formulasini quyidagicha yozamiz.

$$y_{t+l} = y_i + \bar{\Delta}t,$$

t - oldindan aniqlanish davri.

O'rta o'rish tezligi bo'yicha ekstrapolyatsiya dinamik qatorlar ko'rsatkichni egri chiziq yo'nalishida bo'ladi degan xulosaga asoslanadi. Bunda prognoz qilinadigan qator quyidagicha aniqlanadi:

$$y'_{t+l} = y_i \bar{T}_p^t$$

\bar{T}_p - o'rta geometrik formula yordamida hisoblangan o'rishning o'rtacha tezligi.

12.3. Ekonometrik tenglamalar tizimi yordamida prognozlash uslubiyoti

Ekonometrik tenglamalar tizimi uch xilga bo'linadi:

- a) tizimga bir-biri bilan bog'lanmagan tenglamalar kiradi. Har biri alohida echilib, umumiy iqtisodiy-matematik modelni bir qismi bo'lib koladi;
- b) tizimga bir-biri bilan bog'langan statistik xususiyatga ega bo'lgan tenglamalar kiradi.

Masalan, ishlab chiqarilgan mahsulotga bir nechta omillar, ya'ni ishchilar soni va asosiy fondlar o'z ta'sir kuchini ko'rsatadilar. O'z navbatida, ishchilar soni aholi soni bilan va asosiy fondlar miqdori kapital qo'yilmalar bilan bog'langan.

Buning natijasida ekonometrik tenglamalar tizimi quyidagi ko'rinishda yozilishi mumkin:

$$Y = f(OPF, PPP)$$

$$\Pi\Pi\Pi = f(L)$$

$$O\Pi\Phi = f(KK),$$

bu yerda Y - asosiy ko'rsatkich, RRR - ishchilar soni, OPF - asosiy fondlar hajmi, L - aholi soni, KK - kapital qo'yilmalar.

c) tizimga dinamik xususiyatga ega bo'lgan tenglamalar kiradi. Bu tizimga kiradigan tenglamalar faqatgina har biri vaqt davrida bog'lanishi borligini aniqlamasdan, ilgari bo'lgan omillararo bog'lanishini borligini ham tahlil qilish mumkin ($t-1$).

Masalan, bir jarayon tahlil etish uchun va uni asosiy ko'rsatkichlarni prognoz davriga hisoblash uchun berilgan ma'lumotlar asosida, ya'ni yalpi mahsulot (VAL), ishchilar soni (RRR), asosiy fondlar (OPF), ish xaqi fondi (ZAR), kapital qo'yilmalar (KV), har yili ishga kirgizadigan asosiy fondlar (OWF) kabi ko'rsatkichlarni tenglamalar tizimi orqali ezib chikamiz:

$$VAL = f(OPF, PPP) \quad (12.1)$$

$$PPP = f(VAL, ZAR) \quad (12.2)$$

$$ZAR = f(VAL, KV) \quad (12.3)$$

$$OWF = f(KV, OPF) \quad (12.4)$$

$$OPF = f(OPF(-1), KV) \quad (12.5)$$

$$KV = f(FN) \quad (12.6)$$

$$FN = f(ND) \quad (12.7)$$

Yukorida keltirilgan tenglamalar tizimi bir-biri bilan bog'lanib, ketma-ket hisoblanadi, ya'ni (12.7) tenglama yechilib, uni natijalari omil sifatida (12.6) tenglamaga kapital quyilmalar hisoblash uchun ishlatiladi. O'z vaqtida (12.6) tenglamani natijalari (12.5) tenglamani yechish uchun ishlatiladi.

Bu ekonometrik tenglamalar tizimida prognoz vaqtiga bir ko'rsatkich aniqlanib, uni natijasi orqali qolgan asosiy ko'rsatkichlarni aniqlash mumkin. Model iqtisodiyotga mos bo'lgan yo'nalishlarni, bog'lanishlarni aks ettirish kerak.

Nazorat uchun savollar

1. Ekonometrik modellardan prognozlashda qanday foydalanish mumkin?
2. Prognozlashning ekstrapolyatsiya usuliga ta'rif bering.

3. O'rtacha absolyut o'sish bo'yicha ekstrapolyatsiya nima?
4. Ishlab chiqarish funktsiyalarini prognoz modellarida qo'llash yo'llari qanday?
5. Trend deganida nimani tushunasiz?
6. Ijtimoiy-iqtisodiy prognozlashning umumiy tushunchalari va ob'ektlari?
7. Ekspert amalga oshiradigan ekspertiza jarayoni nechta bosqichdan iborat?
8. Delfi usuliga ta'rif bering.
9. Ekonometrik tenglamalar tizimi yordamida prognozlash uslubiyoti?
10. Ekstrapolyatsiyani umumiy holda qanday funktsiya qiymatini aniqlash deb qarash mumkin.

13-BOB. Statsionar qatorlar. ARMA modeli.

13.1. Statsionar qatorlar

13.2. Oq shovqin jarayoni

13.3. Avtoregressiv jarayon

13.4. Sirg'aluvchi o'rtacha jarayoni

13.5. Mavsumiylikni hisobga olgan holda ARMA modellari

13.1. Statsionar qatorlar

Vaqt qatori deganda ma'lum bir o'zgaruvchining qiymatlarini muntazam ravishda amalga oshiriladigan kuzatuvlar ketma-ketligi tushuniladi. Agar biz bunday intervalning uzunligini vaqt birligi (yil, chorak, kun va hk) sifatida qabul qilsak, u holda x_1, \dots, x_n ketma-ket kuzatuvlar $t = 1, 2, \dots, n$ vaqtlarda o'tkazilgan deb taxmin qilishimiz mumkin.

Vaqt qatorlarini statistik tahlil qilishning asosiy farq qiluvchi xususiyati shundaki, x_1, \dots, x_n kuzatuvlar ketma-ketligi, umuman aytganda, taqsimlash funktsiyasi bilan bir qator taqsimotga ega bo'lgan statistik jihatdan bog'liq X_1, \dots, X_n tasodifiy o'zgaruvchilarning ketma-ketligini amalga oshirish sifatida qaraladi.

$$F(v_1, v_2, \dots, v_n) = P\{X_1 < v_1, X_2 < v_2, \dots, X_n < v_n\} \quad (13.1)$$

Biz asosan X_1, \dots, X_n tasodifiy o'zgaruvchilarning qo'shma taqsimoti qo'shma taqsimot zichligiga $p(x_1, x_2, \dots, x_n)$ ega bo'lgan vaqt qatorlarini ko'rib chiqamiz.

Amaliy echim uchun vaqt qatorlarini statistik tahlil qilish muammosini hal qilish uchun ba'zi taxminlarni kiritish orqali ko'rib chiqilgan vaqt qatorlari sinfini qandaydir tarzda cheklash kerak qator tuzilishi va uning ehtimollik xususiyatlarining tuzilishi haqida. Ushbu cheklovlardan biri vaqt qatorlarining statsionarligini taxmin qiladi.

Agar biron bir m ($m < n$) uchun X_{t_1}, \dots, X_{t_m} tasodifiy o'zgaruvchilarning birgalikdagi ehtimollik taqsimoti bir xil bo'lsa, $x_t, t = 1, \dots, n$ qator qat'iy statsionar (yoki tor ma'noda statsionar) deb nomlanadi. $X_{t_1+\tau}, \dots, X_{t_m+\tau}$ ga kelsak, har qanday t_1, \dots, t_m va τ uchun va $1 \leq t_1, \dots, t_m \leq n$ va $1 \leq t_1 + \tau, \dots, t_m + \tau \leq n$.

Boshqacha qilib aytganda, vaqt kelib chiqishi o'zgartirganda qat'iy statsionar vaqt qatorining xossalari o'zgarmaydi. Xususan, $m = 1$ uchun x_t vaqt qatorining qat'iy statsionarligi taxminidan kelib chiqadiki, X_t tasodifiy o'zgaruvchining ehtimollik taqsimoti t ga bog'liq emas va shuning uchun uning barcha asosiy raqamli xususiyatlari t ga bog'liq emas (agar ular, albatta, mavjud bo'lsa), shu jumladan: matematik kutish $E(X_t) = \mu$ va dispersiya $D(X_t) = \sigma^2$.

μ ning qiymati tahlil qilinayotgan x_t vaqt qatori o'zgarib turadigan doimiy darajasini aniqlaydi va doimiy σ bu tebranishlar oralig'ini tavsiflaydi.

Aytganimizdek, vaqt qatorini tashkil etuvchi kuzatuvlar ketma-ketligining asosiy farqlaridan biri bu vaqt qatori a'zolari, umuman aytganda, statistik jihatdan o'zaro bog'liq. X_t va $X_{t+\tau}$ tasodifiy o'zgaruvchilar o'rtasidagi statistik munosabatlarning yaqinlik darajasi juftlik bilan o'lchanishi mumkin korrelyatsiya koeffitsienti

$$\text{Corr}(X_t, X_{t+\tau}) = \frac{\text{Cov}(X_t, X_{t+\tau})}{\sqrt{D(X_t)}\sqrt{D(X_{t+\tau})}},$$

$$\text{Cov}(X_t, X_{t+\tau}) = E[(X_t - E(X_t))(X_{t+\tau} - E(X_{t+\tau}))] \quad (13.2)$$

Agar x_t qatori statsionar bo'lsa, u holda $\text{Cov}(X_t, X_{t+\tau})$ qiymati t ga bog'liq emas va faqat τ funksiyasidir; buning uchun $\gamma(\tau)$ yozuvidan foydalanamiz:

$$\gamma(\tau) = \text{Cov}(X_t, X_{t+\tau}) \quad (13.3)$$

Jumladan,

$$D(X_t) = \text{Cov}(X_t, X_t) = \gamma(0) \quad (13.4)$$

Shunga ko'ra, statsionar qator uchun va korrelyatsiya koeffitsientining qiymati $\text{Corr}(X_t, X_{t+\tau})$ faqat τ ga bog'liq; buning uchun $\rho(\tau)$ yozuvidan foydalanamiz, shunday qilib

$$\rho(\tau) = \text{Corr}(X_t, X_{t+\tau}) = \gamma(\tau) / \gamma(0) \quad (13.5)$$

Xususan, $\rho(0) = 1$.

x_1, \dots, x_n qiymatlarini kuzatish asosida x_t qatorining qat'iy statsionarligini amaliy tekshirish umuman qiyin. Shu munosabat bilan, statsionar qator amalda ko'pincha x_t vaqt qatorini anglatadi

- $E(X_t) = \mu$,
- $D(X_t) = \sigma^2$,
- $\text{Cov}(X_t, X_{t+\tau}) = \gamma(\tau)$ har qanday t va τ uchun.

Ushbu uchta shart bajarilgan qator keng ma'noda statsionar (sust statsionar, statsionar ikkinchi tartib yoki kovaryali statsionar) deb nomlanadi.

Agar qator keng ma'noda statsionar bo'lsa, demak u qat'iy ravishda statsionar emas. Shu bilan birga, qat'iy statsionar qator keng ma'noda statsionar bo'lmasligi mumkin, chunki u matematik kutish va / yoki dispersiyaga ega bo'lmasligi mumkin. (Ikkinchisiga nisbatan, masalan, Koshi taqsimotidan olingan tasodifiy tanlanma.) Bundan tashqari, ushbu uchta shart bajarilganda vaziyatlar mumkin, ammo, masalan, $E(X_t^3) t$ ga bog'liq.

X_1, \dots, X_n tasodifiy o'zgaruvchilarning qo'shma taqsimoti n -o'lchovli normal taqsimot bo'lsa, $x_t, t = 1, \dots, n$ Gauss qatori deb ataladi. Gauss qatori uchun tor va keng ma'noda statsionarlik tushunchalari mos keladi.

Keyinchalik, ma'lum bir x_t qatorning statsionarlighi haqida gapirganda, biz (boshqacha ko'rsatilmagan bo'lsa), ushbu qator keng ma'noda statsionar ekanligini yodda tutamiz (shuning uchun u matematik kutilish va dispersiyaga ega bo'lishi kerak).

Shunday qilib, x_t statsionar qator $E(X_t) = \mu$, $D(X_t) = \sigma^2$ va $\rho(\tau) = \text{Corr}(X_t, X_{t+\tau})$ bilan bo'lgan bo'lsin. Bu holda $\rho(\tau)$ koeffitsienti bir xil vaqt qatorlari a'zolari o'rtasidagi o'zaro bog'liqlikni o'lchaganligi sababli, odatda avtokorrelyatsiya koeffitsienti (yoki shunchaki avtokorrelyatsiya) deyiladi. Xuddi shu sababga ko'ra kovaryasiya $\gamma(\tau) = \text{Cov}(X_t, X_{t+\tau})$ kovaryasiyalar deb yuritiladi.

Qiymat o'zgarishini tahlil qilganda $\rho(\tau)$, τ qiymatiga qarab, $\rho(\tau)$ avtokorrelyatsiya funksiyasi haqida gapirish odatiy holdir. Avtokorrelyatsiya funksiyasi o'lchovsiz, ya'ni. tahlil qilinadigan vaqt qatorining o'lchoviga bog'liq emas. Uning qiymatlari -1 dan +1 gacha o'zgarishi mumkin; bundan tashqari, $\rho(0)=1$. Bundan tashqari, x_t qatorining statsionarligi $\rho(\tau)=\rho(-\tau)$ degan ma'noni anglatadi, shuning uchun avtokorrelyatsiya funksiyalari xatti-harakatlarini tahlil qilishda odatda o'zini faqat salbiy bo'lmagan qiymatlarni hisobga olish bilan cheklaydi τ .

$\rho(\tau)$ ning τ ga nisbatan chizmasi ko'pincha korrelogramma deb ataladi. Vaqt qatorlarini yaratish mexanizmining ba'zi xususiyatlarini tavsiflash uchun foydalanish mumkin. Shundan kelib chiqadigan bo'lsak, agar x_t statsionar vaqt qatori va c ba'zi bir doimiy bo'lsa, u holda x_t va $(x_t + c)$ qatorlar bir xil korrelogrammlarga ega.

Agar vaqt qatori statsionar Gauss jarayonining modeli bilan tavsiflangan deb hisoblasak, u holda X_1, \dots, X_n tasodifiy o'zgaruvchilar qo'shma taqsimotining to'liq tavsifi $n+1$ parametrlarini ko'rsatishni talab qiladi: $\mu, \gamma(0), \gamma(1), \dots, \gamma(n-1)$ (yoki $\mu, \gamma(0), \rho(1), \dots, \rho(n-1)$). Bu statsionarlik talabiga qaraganda ancha kam, ammo hali kuzatuvlar sonidan ko'proq. Shu munosabat bilan, hatto statsionar Gauss vaqt qatorlari uchun ham modelni yanada soddalashtirish zarur mavjud kuzatuvlar bo'yicha taxmin qilinadigan parametrlar sonini cheklash uchun. Endi biz tarkibiy jihatdan sodda vaqt qatorlarini ko'rib chiqishga o'tmoqdamiz, ular bir vaqtning o'zida ko'plab real iqtisodiy ko'rsatkichlarning vaqt o'tishi bilan rivojlanishini tavsiflash uchun foydalidir.

13.2. Oq shovqin jarayoni

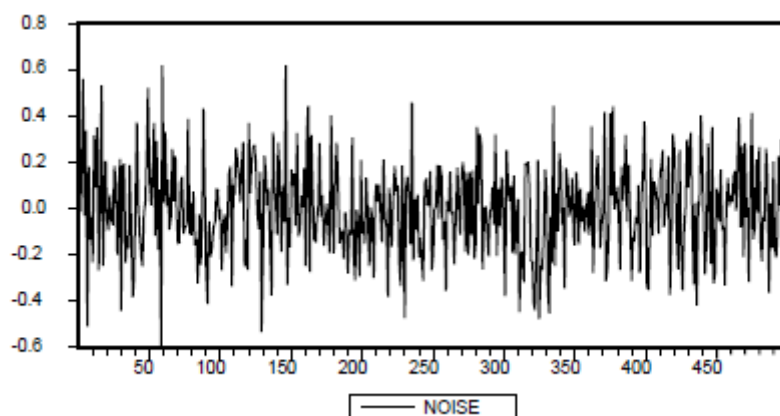
Oq shovqin jarayoni ("oq shovqin", "mutlaqo tasodifiy vaqt qatori") - bu $E(X_t)=0$, $D(X_t)=\sigma^2 > 0$ va $\rho(\tau)=0$ bo'lgan x_t statsionar vaqt qatori.

Ikkinchisi $t \neq s$ uchun oq shovqin jarayoni t va s vaqtidagi kuzatuvlarga mos keladigan X_t va X_s tasodifiy o'zgaruvchilarning o'zaro bog'liq emasligini anglatadi.

X_t normal taqsimotga ega bo'lgan taqdirda, X_1, \dots, X_n tasodifiy o'zgaruvchilar o'zaro mustaqil va bir xil normal taqsimot $N(0, \sigma^2)$ ga ega bo'lib, bu taqsimotdan tasodifiy namunani hosil qiladi, ya'ni $X_t \approx i.i.d. N(0, \sigma^2)$. Bunday qator Gauss oq shovqini deb nomlangan.

Shu bilan birga, umuman olganda, ba'zi bir tasodifiy o'zgaruvchilar X_1, \dots, X_n o'zaro mustaqil va taqsimoti bir xil bo'lsa ham, bu ularning oq shovqin jarayonini hosil qilishini anglatmaydi, tasodifiy X_t matematik kutilish va/yoki dispersiyaga ega bo'lmasligi mumkin (masalan, biz yana Koshi taqsimotiga ishora qilishimiz mumkin).

Oq shovqin jarayoniga mos keladigan vaqt qatori X_t va X_s tasodifiy o'zgaruvchilarning $t \neq s$ qiymatidagi o'zaro bog'liq bo'lmaganligi sababli nihoyatda tartibsiz ishlaydi. Bu modellashtirish $D(X_t) \equiv 0,04$ ga teng bo'lgan Gauss oq shovqin jarayoni (shovqin) (13.1.-rasm) quyidagi grafigi bilan tasvirlangan.

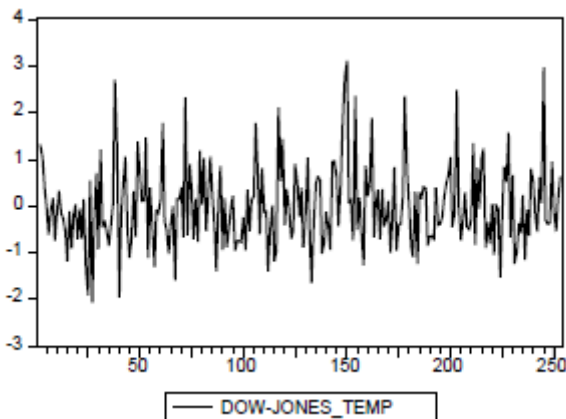


13.1.-rasm. Gauss oq shovqin jarayoni

Shu nuqtai nazardan, oq shovqin jarayoni iqtisodiyotda topilgan aksariyat vaqt qatorining evolyutsiyasini bevosita modellashtirish uchun mos emas.

Shu bilan birga, quyida ko'rib turganimizdek, bu jarayon "silliq" qator traektoriyalarini yaratadigan vaqt qatorligini aniqroq modellarini yaratish uchun asosdir. Oq shovqin jarayonining tez-tez ishlatilishi tufayli bundan tashqari, biz ushbu jarayonni boshqa vaqtinchalik modellardan ajratamiz buning uchun ε_t yozuvidan foydalangan holda ketma-ket.

Traektoriyasi oq shovqin jarayonini amalga oshirishga o'xshash ketma-ketlikning misoli sifatida, masalan, Dou Jonsning o'zgarish (o'sish) tezligi qiymatlari bilan hosil bo'lgan qatorni ko'rsatishi mumkin. 1984 yildagi ko'rsatkich (kunlik ma'lumotlar). Ushbu ketma-ketlikning grafigi (13.2.-rasm) shaklga ega



13.2.-rasm. Dou Jonsning o'zgarish tezligi qatori

Shu bilan birga, x_t qiymatlarini ehtimollik taqsimotida (bu taqsimotning ijobiy qiymatlarga tomon burilishi) ba'zi bir assimetriya mavjudligini unutmang, bu ushbu model modelini Gauss oq shovqini sifatida tasvirlashni istisno qiladi.

13.3. Avtoregressiv jarayon

Vaqt qatorining keng qo'llaniladigan modellaridan biri bu avtoregressiv jarayon (avtoregressiv model). Oddiy shaklda avtoregressiv model qator yaratish mexanizmini quyidagicha tavsiflaydi:

$$X_t = aX_{t-1} + \varepsilon_t, \quad t = 1, \dots, n \quad (13.6)$$

bu erda ε_t - oq shovqin jarayoni, matematik kutish nolga va dispersiyasi σ_ε^2 ga teng, X_0 tasodifiy o'zgaruvchidir, $a \neq 0$ esa doimiydir koeffitsient.

Bundan tashqari,

$$E(X_t) = aE(X_{t-1}) \quad (13.7)$$

shuning uchun ko'rib chiqilayotgan jarayon barcha $t = 0, 1, \dots, n$ uchun $E(X_t) = 0$ bo'lsa statsionar bo'lishi mumkin.

Bundan tashqari,

$$X_t = aX_{t-1} + \varepsilon_t = a(aX_{t-2} + \varepsilon_{t-1}) + \varepsilon_t = a^2X_{t-2} + a\varepsilon_{t-1} + \varepsilon_t = \dots = a^tX_0 + a^{t-1}\varepsilon_1 + a^{t-2}\varepsilon_2 + \dots + \varepsilon_t,$$

$$X_{t-1} = aX_{t-2} + \varepsilon_{t-1} = a^{t-1}X_0 + a^{t-2}\varepsilon_1 + a^{t-3}\varepsilon_2 + \dots + \varepsilon_{t-1},$$

$$X_{t-2} = aX_{t-3} + \varepsilon_{t-2} = a^{t-2}X_0 + a^{t-3}\varepsilon_1 + a^{t-4}\varepsilon_2 + \dots + \varepsilon_{t-2}, \quad (13.8)$$

...

$$X_1 = aX_0 + \varepsilon_1$$

Agar X_0 tasodifiy o'zgaruvchisi $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$ tasodifiy o'zgaruvchilar bilan o'zaro bog'liq bo'lmasa, shundan kelib chiqadiki,

$$\text{Cov}(X_0, \varepsilon_1) = 0, \text{Cov}(X_1, \varepsilon_2) = 0, \dots, \text{Cov}(X_{t-2}, \varepsilon_{t-1}) = 0, \text{Cov}(X_{t-1}, \varepsilon_t) = 0$$

va

$$D(X_t) = D(aX_{t-1} + \varepsilon_t) = a^2D(X_{t-1}) + D(\varepsilon_t), \quad t = 1, \dots, n \quad (13.9)$$

Va nihoyat $D(X_0) = D(X_t) = \sigma_X^2$ deb qabul qilamiz hamma $t = 1, \dots, n$ uchun, topamiz:

$$\sigma_X^2 = a^2\sigma_X^2 + \sigma_\varepsilon^2 \quad (13.10)$$

Ikkinchisini faqat $a^2 < 1$ sharti bilan bajarish mumkin, ya'ni $|a| < 1$.

Bunday holda, σ_X^2 uchun quyidagi ifodani olamiz

$$\sigma_X^2 = \sigma_\varepsilon^2 / (1 - a^2) \quad (13.11)$$

Avtokovariantlik va avtokorrelyatsiyaga kelsak, u holda

$$\text{Cov}(X_t, X_{t+\tau}) = \text{Cov}(a^tX_0 + a^{t-1}\varepsilon_1 + a^{t-2}\varepsilon_2 + \dots + \varepsilon_t,$$

$$a^{t+\tau}X_0 + a^{t+\tau-1}\varepsilon_1 + a^{t+\tau-2}\varepsilon_2 + \dots + \varepsilon_{t+\tau}) = a^{2t+\tau}D(X_0) + a^\tau(1 + a^2 + \dots + a^{2(t-1)})\sigma_\varepsilon^2 =$$

$$a^\tau [a^{2t}\sigma_\varepsilon^2 / (1 - a^2) + (1 - a^{2t})\sigma_\varepsilon^2 / (1 - a^2)] = [a^\tau / (1 - a^{2t})]\sigma_\varepsilon^2$$

va

$$\text{Corr}(X_t, X_{t+\tau}) = a^\tau \quad (13.12)$$

o'sha qilingan taxminlarga ko'ra, avtokovariya va avtokorrelyatsiya faqat tegishli kuzatuvlarning vaqt oralig'ida bo'lishiga bog'liq.

Shunday qilib, munosabatlar tomonidan berilgan ketma-ket kuzatuvlarni yaratish mexanizmi

$$X_t = aX_{t-1} + \varepsilon_t, \quad t = 1, \dots, n \quad (13.13)$$

statsionar vaqt qatorini hosil qiladi, agar

- $|a| < 1$;
- tasodifiy o'zgaruvchi X_0 $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$ tasodifiy o'zgaruvchilar bilan o'zaro

bog'liq emas

- $E(X_0) = 0$;
- $D(X_0) = \sigma_\varepsilon^2 / (1 - a^2)$.

Bu yerda $Corr(X_t, X_{t+\tau}) = \rho(\tau) = a^\tau$.

Ko'rib chiqilgan model (ko'rsatilgan sharoitlarda) statsionar qatori hosil qiladi, nol matematik kutilishga ega. Biroq, uni osonlikcha tarqatish mumkin va nolga teng bo'lmagan matematik kutilishga ega bo'lgan vaqt qatorida $E(Y_t) = \mu$, deb taxmin qilsak ko'rsatilgan model $X_t = Y_t - \mu$ markazlashtirilgan qatorga ishora qiladi

$$Y_t - \mu = a(Y_{t-1} - \mu) + \varepsilon_t, \quad t = 1, \dots, n \quad (13.14)$$

shunday qilib

$$Y_t = aY_{t-1} + \delta + \varepsilon_t, \quad t = 1, \dots, n$$

Bu yerda

$$\delta = \mu(1 - a).$$

Shuning uchun, umumiylikni yo'qotmasdan, o'rtacha nolga teng statsionar jarayonni keltirib chiqaradigan avtoregressiv modellar bilan joriy mulohazadan voz kechish mumkin.

Oldindan aniqlangan X_t (nol matematik kutilish bilan) jarayonini ko'rib chiqishni davom ettirishimiz kerak

$$\gamma(1) = E(X_t X_{t-1}) = E[(aX_{t-1} + \varepsilon_t)X_{t-1}] = a\gamma(0) \quad (13.15)$$

shuning uchun

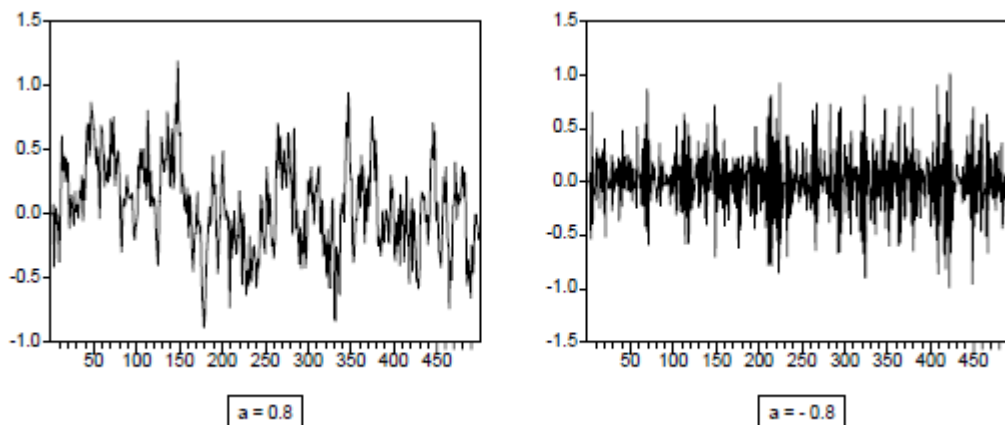
$$\rho(1) = \gamma(1) / \gamma(0) = a \quad (13.16)$$

va $a > 0$ ning 1 ga yaqin qiymatlari uchun qo'shni kuzatuvlar o'rtasida kuchli ijobiy korrelyatsiya mavjud bo'lib, bu silliqroq belgini beradi oq shovqin jarayoni bilan taqqoslaganda ketma-ketlik traektoriyalarining harakati. $a > 0$ uchun,

avtoregressiya jarayoni, aksincha, kamroq ravon amalga oshiriladi, chunki bu holda ketma-ket kuzatuv belgilarining o'zgaruvchanligi tendentsiyasi mavjud.

Keyingi ikkita grafikda $X_t = aX_{t-1} + \varepsilon_t$ avtoregressiv modellar tomonidan hosil qilingan vaqt qatorining modellashtirish qilingan realizatsiya xatti-harakatlari $\sigma_\varepsilon^2 = 0,2$ (13.3.-rasm)

$a = 0,8$ (birinchi grafik) va $a = -0,8$ (ikkinchi grafik) bilan.



13.3.-rasm. Avtoregressiv modellar tomonidan hosil qilingan vaqt qatorining xatti-harakatlari

Endi biz quyidagi muhim holatlarga e'tibor qaratishimiz kerak. Amaliy vaziyatlarda "boshlang'ich" qiymat $X_0 = x_0$, uning asosida $X_t = aX_{t-1} + \varepsilon_t$ munosabatlarga muvofiq X_t qatorining keyingi qiymatlari tuzilishi mumkin, o'tgan davrning, unda boshqa iqtisodiy sharoitlar tufayli, tegishli iqtisodiy ko'rsatkich evolyutsiyasi boshqa modelga amal qiladi, masalan, $X_t = aX_{t-1} + \varepsilon_t$ model a va σ_ε^2 ning har xil qiymatlariga ega.

Bundan tashqari, $t = 0$ lahzagacha ketma-ketlik harakati bo'yicha statistik ma'lumotlar umuman yo'q bo'lishi mumkin, shuning uchun x_0 qiymati kuzatiladigan son qiymatga ega bo'ladi. Ikkala holatda ham X_t qatori endi $|a| < 1$ uchun ham statsionar bo'lmaydi. Keling, bunday holatlarda qatorning xususiyatlari va o'zini tutishini batafsil ko'rib chiqaylik.

Agar $t = 1$ lahzaga qadar kuzatishlar hosil bo'lgan modelni ko'rsatmasak, u holda x_0 qiymatini sobit deb hisoblash mumkin. Bu yerda

$$X_t = a^t x_0 + a^{t-1} \varepsilon_1 + a^{t-2} \varepsilon_2 + \dots + \varepsilon_t,$$

$$E(X_t) = a^t x_0 + a^{t-1} E(\varepsilon_1) + a^{t-2} E(\varepsilon_2) + \dots + E(\varepsilon_t) = a^t x_0, \quad (13.17)$$

$$D(X_t) = (a^{2(t-1)} + a^{2(t-2)} + \dots + 1) \sigma_\varepsilon^2 = \left[\frac{1-a^{2t}}{1-a^2} \right] \sigma_\varepsilon^2 = \sigma_\varepsilon^2 / (1-a^2) - \left[a^{2t} / (1-a^2) \right] \sigma_\varepsilon^2.$$

$$\text{Cov}(X_t, X_{t+\tau}) = \text{Cov}(X_t - a^t x_0, X_{t+\tau} - a^{t+\tau} x_0) = a^\tau (1 + a^2 + \dots + a^{2(t-1)}) \sigma_\varepsilon^2 = a^\tau (1 - a^{2t}) \sigma_\varepsilon^2 / (1 - a^2)$$

shunday qilib X_t tasodifiy o'zgaruvchining kutilishi va dispersiyasi, shuningdek $\text{Cov}(X_t, X_{t+\tau})$ kovaryasiyasi t ga bog'liq.

Shu bilan birga, agar $|a| < 1$ bo'lsa, u holda $t \rightarrow \infty$ ga erishamiz

$$E(X_t) \rightarrow 0, \quad D(X_t) \rightarrow \sigma_\varepsilon^2 / (1 - a^2), \quad \text{Cov}(X_t, X_{t+\tau}) \rightarrow a^\tau [\sigma_\varepsilon^2 / (1 - a^2)] \quad (13.18)$$

o'sha $t \rightarrow \infty$ kabi, X_t tasodifiy o'zgaruvchining matematik kutilish va dispersiyasining qiymatlari, shuningdek $\text{Cov}(X_t, X_{t+\tau})$ avtokovariyasi barqarorlashib, ularning chegara qiymatlariga yaqinlashadi.

Shu nuqtai nazardan, $|a| < 1$ sharti barqarorlik sharti sifatida talqin qilinishi mumkin

$X_0 = x_0$ sobit qiymati uchun $X_t = aX_{t-1} + \varepsilon_t$ modeli yaratgan qator. Ushbu vaziyatda, yangi o'rganilgan X_t qatori bilan bir qatorda

$$X_t = a^t x_0 + \sum_{k=0}^{t-1} a^k \varepsilon_{t-k}, \quad |a| < 1, \quad (13.19)$$

modellar tomonidan yaratilgan qatorlar

$$\tilde{X}_t = \sum_{k=0}^{\infty} a^k \varepsilon_{t-k} \quad (13.20)$$

$$\tilde{X}_t - X_t = -a^t x_0 + \sum_{k=0}^{\infty} a^k \varepsilon_{t-k} \quad (13.21)$$

$t \rightarrow \infty$ kabi

$$a^t x_0 \rightarrow 0 \quad \text{va} \quad E \left| \sum_{k=0}^{\infty} a^k \varepsilon_{t-k} \right|^2 = \sigma_\varepsilon^2 \sum_{k=0}^{\infty} a^{2k} \rightarrow 0 \quad (13.22)$$

Shunday qilib, \tilde{X}_t qator X_t uchun chegara hisoblanadi.

\tilde{X}_t qatori uchun

$$E(\tilde{X}_t) = E\left(\sum_{k=0}^{\infty} a^k \varepsilon_{t-k}\right) = \sum_{k=0}^{\infty} a^k E(\varepsilon_{t-k}) = 0,$$

$$D(\tilde{X}_t) = D\left(\sum_{k=0}^{\infty} a^k \varepsilon_{t-k}\right) = \sum_{k=0}^{\infty} a^{2k} D(\varepsilon_{t-k}) = \sigma_{\varepsilon}^2 \sum_{k=0}^{\infty} a^{2k} = \frac{\sigma_{\varepsilon}^2}{1-a^2}, \quad (13.23)$$

$$Cov(\tilde{X}_t, \tilde{X}_{t+\tau}) = E\left[\left(\sum_{k=0}^{\infty} a^k \varepsilon_{t-k}\right)\left(\sum_{k=0}^{\infty} a^k \varepsilon_{t+\tau-k}\right)\right] = a^{\tau} \left(\sum_{k=0}^{\infty} a^{2k} E(\varepsilon_{t-k}^2)\right) = a^{\tau} \frac{\sigma_{\varepsilon}^2}{1-a^2}$$

shuning uchun \tilde{X}_t statsionar qator (keng ma'noda). Bundan tashqari,

$$\tilde{X}_{t-1} = \frac{1}{a} \sum_{k=1}^{\infty} a^k \varepsilon_{t-k} \quad (13.24)$$

shunday qilib

$$a\tilde{X}_{t-1} + \varepsilon_t = \sum_{k=0}^{\infty} a^k \varepsilon_{t-k} = \tilde{X}_t \quad (13.25)$$

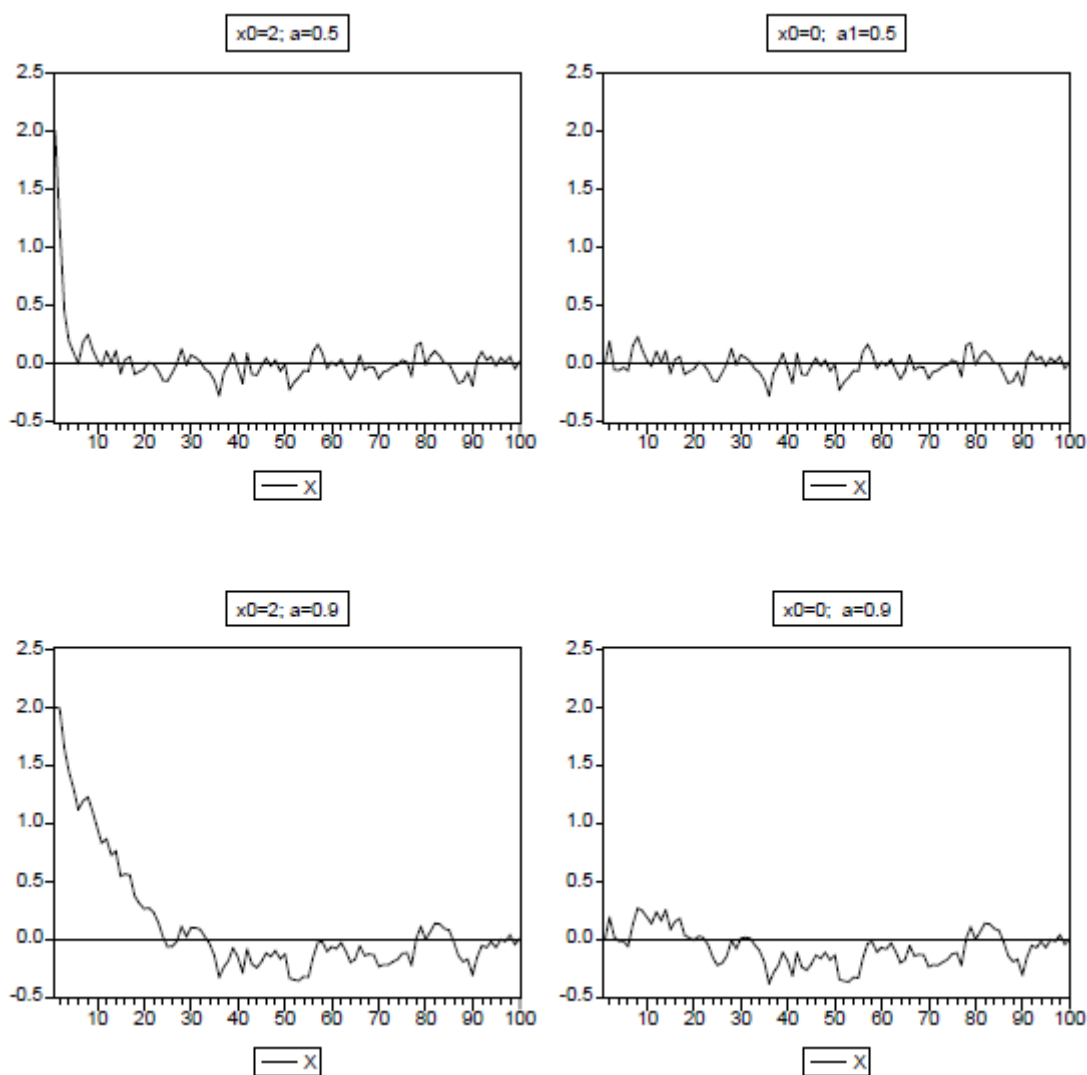
\tilde{X}_t quyidagi munosabatni qanoatlantiradi

$$\tilde{X}_t = a\tilde{X}_{t-1} + \varepsilon_t \quad (13.26)$$

$\tilde{X}_{t-1}, \tilde{X}_{t-2}, \dots$, ifodalarining o'ng tomoniga kiritilmaganligi sababli ε_t tasodifiy o'zgaruvchisi $\tilde{X}_{t-1}, \tilde{X}_{t-2}, \dots$, bilan o'zaro bog'liq emas, ya'ni ε_t bu innovatsiya (yangilanish).

Natijada, biz \tilde{X}_t statsionar birinchi darajali avtoregressiya jarayoni ekanligini anglaymiz va aslida bu jarayon statsionar AR(1) jarayon haqida gap ketganda nazarda tutiladi.

$\tilde{X}_t = a\tilde{X}_{t-1} + \varepsilon_t$ modelida hosil bo'lgan x_t qatorni modellashtirish qilingan realizatsiya qilish yordamida yuqorida aytilganlarni tasvirlab beramiz $\sigma_{\varepsilon} = 0,2$ va har xil qiymatlarga ega koeffitsient a va boshlang'ich qiymati x_0 bilan (13.4.-rasm).



13.4.-rasm. Avtoregressiv modelida hosil bo'lgan x_t qatorni modellashtirish

Hozirda ko'rib chiqilgan $X_t = aX_{t-1} + \varepsilon_t$ modeli birinchi darajali avtoregressiv jarayon deb ataladi. P tartibining avtoregressiv jarayoni (qisqacha $AR(p)$ yozuvida) munosabatlar bilan belgilanadi

$$X_t = a_1 X_{t-1} + a_2 X_{t-2} + \dots + a_p X_{t-p} + \varepsilon_t, \quad a_p \neq 0 \quad (13.27)$$

bu erda ε_t - oq shovqin jarayoni $D(\varepsilon_t) = \sigma_\varepsilon^2$.

Oddiylik uchun, biz darhol barcha $s > 0$ uchun $Cov(X_{t-s}, \varepsilon_t) = 0$; bu holda ε_t tasodifiy o'zgaruvchilar innovatsion (yangilaydigan) ketma-ketlikni hosil qiladi, va ε_t tasodifiy o'zgaruvchini t momentda kuzatish uchun yangilik deyiladi.

Ushbu terminologiya t vaqtidagi qatorning kuzatilgan qiymati bu qatorning oldingi p qiymatlarining chiziqli birikmasi sifatida olinganligi bilan izohlanadi

ortiqcha emas tasodifiy komponent theset avvalgi qadriyatlar bilan o'zaro bog'liq bo'lib, masalan, t vaqtidagi iqtisodiyotning holati to'g'risida yangilangan ma'lumotlarni aks ettiradi, kuzatilgan X_t qiymatiga ta'sir qiladi.

AR (2) avtoregressiv jarayonini ko'rib chiqamiz

$$X_t = 4,375 + 0,25X_{t-1} - 0,125X_{t-2} + \varepsilon_t$$

Bu holda $a(z) = 0$ tenglama quyidagi shaklga ega bo'ladi

$$1 - 0,25z + 0,125z^2 = 0 \text{ yoki } z^2 - 2z + 8 = 0$$

va ildizlari bor $z_{1,2} = 1 \pm i\sqrt{7}$. Ikkala ildiz ham absolyut qiymati bo'yicha birdan kattaroq, shuning uchun jarayon statsionar. Ushbu jarayonning matematik kutilishidir

$$\mu = \delta / (1 - a_1 - a_2) = 4,375 / (1 - 0,25 + 0,125) = 5,$$

shuning uchun bu jarayonning traektoriyalari 5 daraja atrofida o'zgarib turadi.

Korrelogramma qurish uchun Yule - Walker tenglamalarini qo'llaymiz. Bizda $p = 2$, shuning uchun

$$\rho(k) = 0,25\rho(k-1) - 0,125\rho(k-2), \quad k > 0$$

Ta'rifga ko'ra, $\rho(0) = 1$. $\rho(1)$ uchun

$$\rho(1) = 0,25\rho(0) - 0,125\rho(-1) = 0,25 - 0,125\rho(1),$$

qaerdan topamiz:

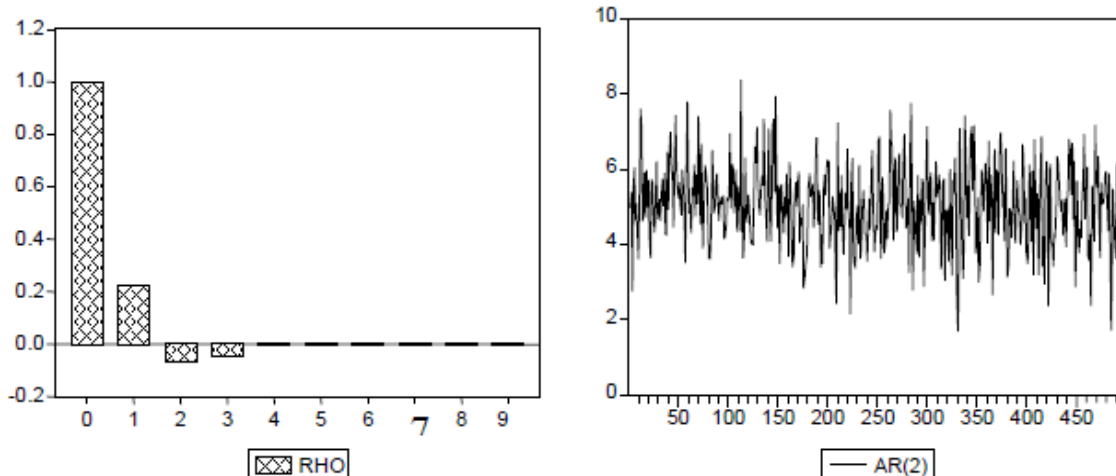
$$\rho(1) = 0,25 / (1 + 0,125) = 2 / 9 = 0,222$$

Keyin biz ketma-ket topamiz:

$$\rho(2) = 0,25\rho(1) - 0,125\rho(0) = 0,25 * 0,222 - 0,125 = -0,069,$$

$$\rho(3) = -0,045 \quad \rho(4) = -0,003 \quad \rho(5) = -0,005 \text{ va hokazo.}$$

Hatto qo'shni kuzatuvlar o'rtasidagi o'zaro bog'liqlik juda kichik va bunday ketma-ketlik traektoriyalarining xatti-harakatlari oq shovqin jarayonini amalga oshirish xatti-harakatlaridan juda katta farq qilmasligini kutish mumkin. Ko'rib chiqilayotgan jarayonning nazariy korrelogrammasi va ushbu jarayonning taqlidiy amalga oshirilishi quyida keltirilgan (13.5.-rasm).



13.5.-rasm. Jarayonning nazariy korrelogrammasi va amalga oshirilishi

13.4. Sirg'aluvchi o'rtacha jarayoni

Vaqtli qatorning yana bir oddiy modeli bu $q(\text{MA}(q))$ tartibining sirg'aluvchi o'rtacha jarayoni. Ushbu modelga muvofiq

$$X_t = \varepsilon_t + b_1\varepsilon_{t-1} + b_2\varepsilon_{t-2} + \dots + b_q\varepsilon_{t-q}, \quad b_q \neq 0 \quad (13.28)$$

bu erda ε_t - oq shovqin jarayoni.

Bunday jarayon nol matematik kutilishga ega. Model 0 ga teng bo'lmagan matematik kutilish μ bo'lgan jarayonga umumlashtirilishi mumkin

$$X_t - \mu = \varepsilon_t + b_1\varepsilon_{t-1} + b_2\varepsilon_{t-2} + \dots + b_q\varepsilon_{t-q} \quad (13.29)$$

$$X_t = \mu + \varepsilon_t + b_1\varepsilon_{t-1} + b_2\varepsilon_{t-2} + \dots + b_q\varepsilon_{t-q}$$

q tartibli sirg'aluvchi o'rtacha jarayoni uchun $\text{MA}(q)$ (sirg'aluvchi o'rtacha – *moving average*) yozuvidan foydalaniladi.

$Q = 0$ va $\mu = 0$ uchun biz oq shovqin jarayonini olamiz. Agar $q = 1$ bo'lsa, u holda

$$X_t - \mu = \varepsilon_t + b\varepsilon_{t-1} \quad (13.30)$$

- birinchi tartibli sirg'aluvchi o'rtachasi.

$$D(X_t) = (1 + b^2)\sigma_\varepsilon^2, \quad E[(X_t - \mu)(X_{t-1} - \mu)] = b\sigma_\varepsilon^2, \quad E[(X_t - \mu)(X_{t-1} - \mu)] = 0, \quad k > 1,$$

X_t jarayoni statsionar bo'lishi uchun

$$E(X_t) = 0, \quad D(X_t) = (1 + b^2)\sigma_\varepsilon^2 \quad (13.31)$$

$$\gamma(k) = \begin{cases} (1+b^2)\sigma_\varepsilon^2, & k=0 \\ (1+b^2)\sigma_\varepsilon^2, & k=1 \\ 0, & k>1 \end{cases} \quad (13.32)$$

Ushbu jarayonning avtokorrelatsiyalari quyidagilardir

$$\rho(k) = \begin{cases} 1, & k=0 \\ b/(1+b^2), & k=1 \\ 0, & k>1 \end{cases} \quad (13.33)$$

jarayonning korrelogrammasi aniq shaklga ega. Faqat qo'shni kuzatuvlar o'zaro bog'liqdir. Ularning orasidagi korrelyatsiya $b > 0$ bo'lsa ijobiy, $b < 0$ bo'lsa manfiy. Shunga ko'ra, MA(1) jarayoni $b > 0$ bilan oq shovqinga nisbatan yumshoqroq amalga oshiriladi va MA(1) jarayoni $b < 0$ bilan oq shovqinga nisbatan kamroq silliq bo'ladi. E'tibor bering, har qanday jarayon uchun MA(1)

$$|\rho(1) \leq 0,5|$$

qo'shni kuzatuvlar o'rtasidagi o'zaro bog'liqlik kam, AR(1) jarayoni uchun bunday munosabatlar kuchli bo'lishi mumkin (1 ga yaqin qiymatlar uchun).

MA(q) modeli qisqacha qilib yozilishi mumkin

$$X_t - \mu = b(L)\varepsilon_t \quad (13.34)$$

bu yerda

$$b(L) = 1 + b_1L + \dots + b_qL^q \quad (13.35)$$

Uning uchun

$$\gamma(k) = E[(X_t - \mu)(X_{t-k} - \mu)] = \begin{cases} (\sum_{j=0}^{q-k} b_j b_{j+k})\sigma_\varepsilon^2, & 0 \leq k \leq q \\ 0, & k > q \end{cases}$$

shuning uchun MA(q) nol matematik kutilish, dispersiyaga ega statsionar jarayondir

$$\sigma_x^2 = (1 + b_1^2 + \dots + b_q^2)\sigma_\varepsilon^2 \quad (13.36)$$

va avtokorrelatsiyalar

$$\rho_k = \begin{cases} (\sum_{j=0}^{q-k} b_j b_{j+k}) / (\sum_{j=0}^q b_j^2), & k = 0, 1, \dots, q \\ 0, & k = q+1, q+2, \dots \end{cases} \quad (13.37)$$

Bu erda kuzatuvlar o'rtasidagi statistik munosabatlar q vaqt birligi uchun saqlanib qoladi (ya'ni, jarayonning "xotirasi davomiyligi" q).

Bunday turdagi vaqt qatori ma'lum bir iqtisodiy ko'rsatkich muvozanatda bo'lgan, ammo kutilmagan hodisalar ketma-ket kelib chiqayotganligi sababli muvozanat holatidan chetga chiqadigan holatga mos keladi, va tizim shundayki, bunday voqealarning ta'siri ma'lum bir vaqt ichida qayd etiladi.

Agar o'tgan voqealar ta'siri vaqt o'tishi bilan eksponentsial ravishda susayib $b_j = a^j$, $0 < a < 1$ bo'lsa, u holda dt t qator "cheksiz o'tmishda" boshlanadi degan cheksiz harakatlanuvchi o'rtacha MA (∞) modeliga olib keladi.

$$X_t = \sum_{j=0}^{\infty} a^j \varepsilon_{t-j} = \sum_{j=0}^{\infty} b_j \varepsilon_{t-j}, \quad \sum_{j=0}^{\infty} |b_j| < \infty \quad (13.38)$$

Biz ilgari xuddi shu statsionar birinchi darajali avtoregressiya jarayoni AR (1) tan olinganligini ko'rdik.

$$X_t = aX_{t-1} + \varepsilon_t, \quad |a| < 1 \quad (13.39)$$

demak ko'rib chiqilayotgan holatda, MA (∞) jarayoni AR (1) jarayoniga tengdir.

Umuman olganda, har qanday statsionar AR (p) jarayoni MA (∞) jarayoni shaklida yozilishi mumkin:

$$X_t = \mu + \frac{1}{a(L)} \varepsilon_t = \mu + \sum_{j=0}^{\infty} b_j \varepsilon_{t-j} = \mu + b(L) \varepsilon_t, \quad \text{bu yerda}$$

$$b(L) = \sum_{j=0}^{\infty} b_j L^j = \frac{1}{a(L)} \quad \text{va} \quad \sum_{j=0}^{\infty} |b_j| < \infty \quad (13.40)$$

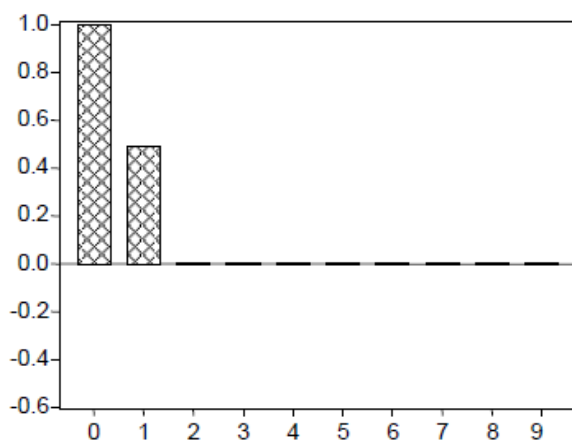
Misollar.

MA(1) jarayonini $b = 0,8$ va $E(X_t) = 6$ bilan ko'rib chiqamiz

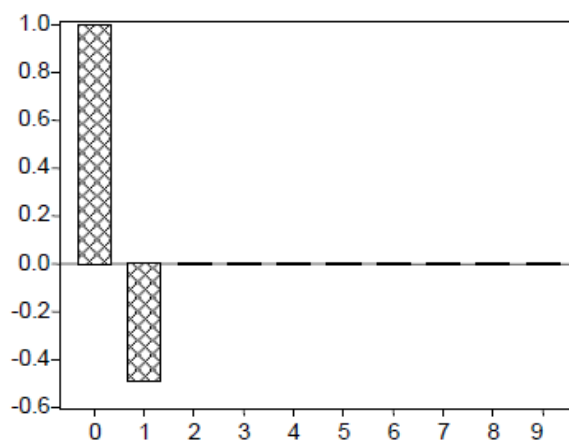
$$X_t = 6 + \varepsilon_t + 0,8\varepsilon_{t-1}$$

Uning uchun $\rho(1) = -0,8/(1+0,8^2) = -0,488$

Ushbu ikki jarayonning korrelogrammalari quyidagilardir

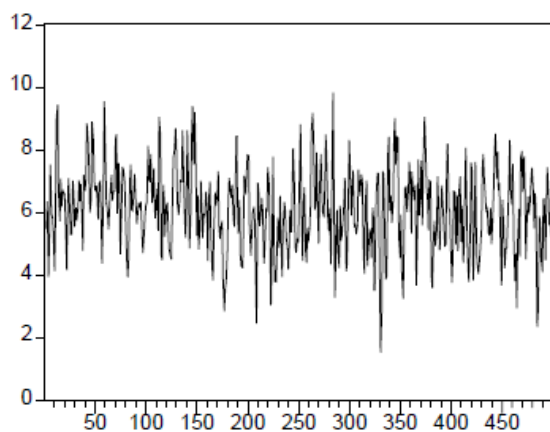


b = 0.8

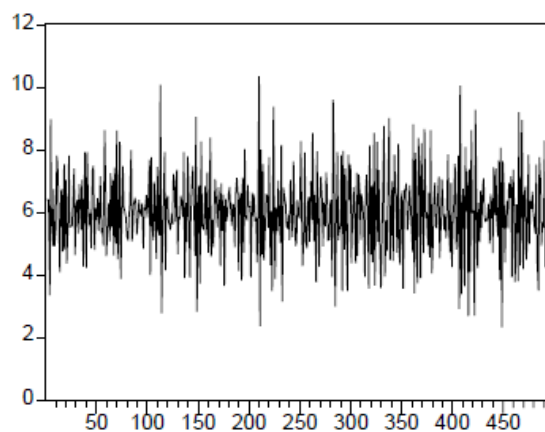


b = -0.8

$\sigma_\varepsilon^2 = 1$ bilan ushbu ikki jarayonning modellashtirish qilingan realizatsiyasi:



b = 0.8



b = -0.8

13.5. Mavsumiylikni hisobga olgan holda ARMA modellari

Agar kuzatilgan vaqt qatorlari aniq mavsumiylikka ega bo'lsa, unda ushbu qatorga mos keladigan ARMA modeli ushbu model tomonidan yaratilgan kuzatuvlar ketma-ketligida mavsumiylikning namoyon bo'lishini ta'minlaydigan tarkibiy qismlarni o'z ichiga olishi kerak.

Choraklik ma'lumotlarga ko'ra, birinchi darajali statsionar mavsumiy avtoregressiv modellar ($SAR(1)$) faqat mavsumiydir

$$X_t = a_4 X_{t-4} + \varepsilon_t, \quad |a_4| < 1 \quad (13.41)$$

va birinchi darajali mavsumiy sirg'aluvchi o'rtacha ($SMA(1)$)

$$X_t = \varepsilon_t + b_4 \varepsilon_{t-4} \quad (13.42)$$

Birinchi modelda

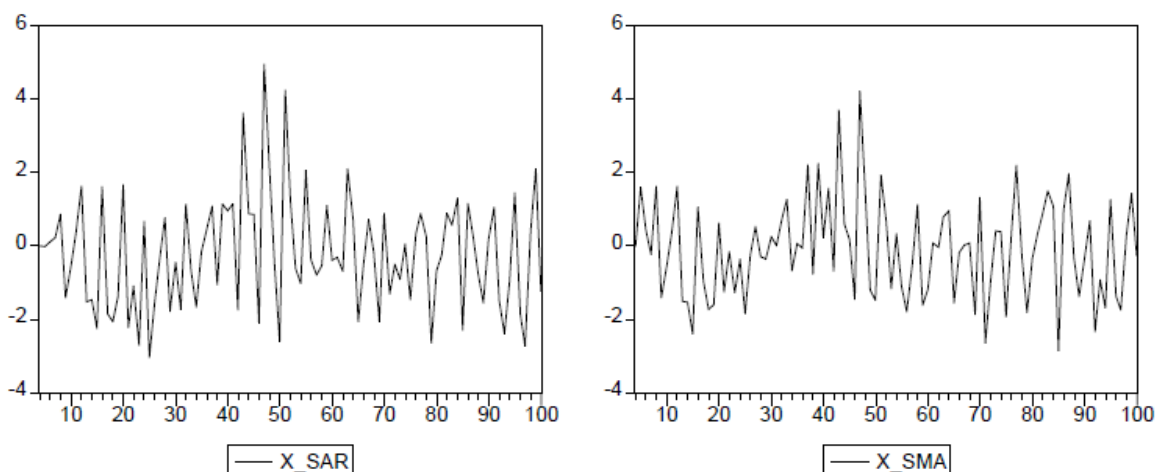
$$\rho(k) = a_4^{k/4} \quad k=4m, \quad m=0,1,2,\dots, \quad \text{uchun}$$

$$\rho(k) = 0 \quad \text{boshqalar uchun } k>0$$

Ikkinchi modelda

$$\rho(0) = 1, \quad \rho(4) = b_4, \quad \rho(k) = 0 \quad \text{boshqalar uchun } k>0$$

Quyida $SAR(1)$ modelini $a_4 = 0,8$ va $SMA(1)$ modelini $b_4 = 0,8$ bilan taqlid qilingan modeli keltirilgan (13.6.-rasm).



13.6.-rasm. SAR(1) va SMA(1) modeli

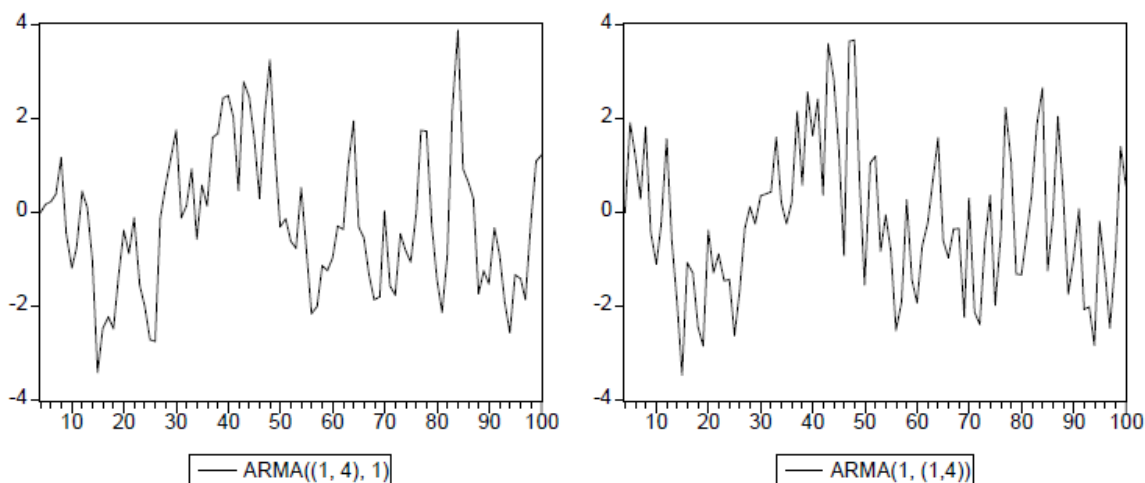
Mavsumiy bo'lmagan va mavsumiy o'zgarishlarning kombinatsiyalari, masalan, $ARMA((1, 4), 1)$ modellarida amalga oshiriladi

$$X_t = a_1 X_{t-1} + a_4 X_{t-4} + \varepsilon_t + b_1 \varepsilon_{t-1} \quad (13.43)$$

va $ARMA(1,(1, 4))$

$$X_t = a_1 X_{t-1} + \varepsilon_t + b_1 \varepsilon_{t-1} + b_4 \varepsilon_{t-4} \quad (13.44)$$

Keyingi ikkita grafikda birinchi qator uchun $a_1 = 2/3$, $a_4 = -1/48$, $b_4 = 1/5$ va ikkinchi qator uchun $a_1 = 0.4$, $b_1 = 0.3$, $b_4 = 0.8$ bunday ketma-ketliklarning taqlid qilingan xatti-harakatlari ko'rsatilgan.



13.7.-rasm. Statsionarli modellar

E'tibor bering, birinchi model uchun $a(z) = 0$ tenglama $1 - 2/3z + 1/48z^4 = 0$ shaklini oladi, ya'ni $z^4 - 32z + 48 = 0$; ushbu tenglamaning ildizlari $z_1 = 2, z_2 = 2, z_3 = -2 + i\sqrt{8}, z_4 = -2 - i\sqrt{8}$ birlik doirasidan tashqarida yotadi, bu ko'rib chiqilayotgan jarayonning statsionarligini ta'minlaydi. Ikkinchi modelda $a(z) = 1 - 0,4z = 0$ shaklini oladi; bu tenglamaning ildizi $z = 2,5 > 1$, shuning uchun bu model ham statsionarli (13.7.-rasm).

Additiv mavsumiy modellarning ko'rib chiqilgan misollaridan tashqari, multiplikativ modellardan ham foydalaniladi, masalan,

$$(1 - a_1L)X_t = (1 + b_1L)(1 + b_4L^4)\varepsilon_t,$$

$$(1 - a_1L)(1 - a_4L^4)X_t = (1 + b_1L)\varepsilon_t \quad (13.45)$$

Birinchisi quyidagini beradi

$$X_t = a_1X_{t-1} + \varepsilon_t + b_1\varepsilon_{t-1} + b_4\varepsilon_{t-4} + b_1b_4\varepsilon_{t-5} \quad (13.46)$$

Ikkinchisi

$$X_t = a_1X_{t-1} + a_4X_{t-4} - a_1a_4X_{t-5} + \varepsilon_t + b_1\varepsilon_{t-1} \quad (13.47)$$

Birinchi modelda sirg'aluvchi o'rtacha komponentlarning 1 va 4 lagdagi o'zaro ta'siriga (ya'ni ε_{t-1} va ε_{t-4} qiymatlari), ikkinchisida esa 1 va 4 lagdagi avtoregressiv komponentlarning o'zaro ta'siriga taxmin qilinmoqda. (ya'ni X_{t-1} va

X_{t-4} qiymatlari). Albatta, ushbu ikkita model 189dditive modellarning xususiy holatlari

$$X_t = a_1 X_{t-1} + \varepsilon_t + b_1 \varepsilon_{t-1} + b_4 \varepsilon_{t-4} + b_5 \varepsilon_{t-5} \quad (13.48)$$

$$X_t = a_1 X_{t-1} + a_4 X_{t-4} + a_5 X_{t-5} + \varepsilon_t + b_1 \varepsilon_{t-1} \quad (13.49)$$

$b_5 = b_1 b_5$, $a_5 = -a_1 a_4$ bilan.

Oxirgi munosabatlarning taxminiy bajarilishi bilan (hech bo'lmaganda bunday munosabatlarning mavjudligi haqidagi gipotezalar rad etilmasa), yana "parsimonlik modeli" tamoyiliga amal qilib, additiv modelni baholashdan multiplikativ modelni baholashga o'tish tabiiydir. Biroq, mavsumiylikning bir shaklini boshqasidan (multiplikativ yoki additiv) afzal ko'rishga olib keladigan nazariy asoslar mavjud emas.

Nazorat uchun savollar

1. Vaqt qatorlari deganda nimani tushunasiz?
2. Statsionar qator ta'rifini bering.
3. Korrelyatsiya koeffitsienti va korrelogramma nimani o'lchaydi?
4. Qanday statsionar qatorga oq shovqin deyiladi?
5. Avtoregressiv jarayon deb nimaga aytiladi.
6. Sirg'aluvchi o'rtacha jarayonni tavsiflang.
7. ARMA modellariga tavsif bering.
8. Tasodifiy o'zgaruvchilar o'rtasidagi statistik munosabatlarning yaqinlik darajasi qanday o'lchanadi?
9. Qaysi qator Gauss deb ataladi?
10. Bir qator kuzatuvlar uchun statsionar ARMA modelini moslashtirish qanday amalga oshiriladi? .

14-BOB. DINAMIK EKONOMETRIK MODELLAR

14.1. Dinamik ekonometrik modellarning umumiy xarakteristikalarini.

14.2. Avtoregressiya modeli va uning parametrlarini baholash.

14.3. Taqsimlangan lagli modellarning xarakteristikasi.

14.4. Almon usuli.

14.5. Koyk usuli.

14.1. Dinamik ekonometrik modellarning umumiy xarakteristikalarini

Ekonometrik tahlilda natijaviy o'zgaruvchiga bir vaqtda va ma'lum kechikish bilan ta'sir etuvchi bir qator iqtisodiy omillar ta'siri tadqiq qilinadi.

Omilar kechikishining sabablari bo'lib quyidagilar hisoblanadi:

- insonlar xatti-harakatlaridagi inertlikni ifodalovchi psixologik omillar;
- texnologik omillar;
- institutsional omillar;
- iqtisodiy ko'rsatkichlarni shakllantiruvchi mexanizmlar.

Ekonometrik model dinamik deyiladi, agar ushbu model har bir vaqt momentida keyingi o'zgaruvchilarning dinamikasini ifodalasa, ya'ni agar hozirgi t vaqtda modelga kiruvchi o'zgaruvchilarning joriy vaqtga hamda avvalgi vaqt momentiga tegishli bo'lishini hisobga olsa.

Quyidagi

$$y_t = f(x_t, x_{t-1}),$$

$$y_t = f(x_t, y_{t-1})$$

modellar dinamik ekonometrik model bo'la oladi:

Ammo

$$y_t = f(x_1, x_2, \dots, x_n) = f(x_i)$$

ko'rinishidagi regressiya dinamik ekonometrik model bo'la olmaydi.

Dinamik modellardan vaqt davomida rivojlanuvchi ko'rsatkichlar o'rtasida bog'liqliklarni o'rganishda foydalaniladi. Ularda ta'sir etuvchi omillar sifatida o'zgaruvchining joriy qiymati, avvalgi vaqtlardagi qiymati hamda t vaqtdagi qiymatidan foydalaniladi.

Barcha dinamik ekonometrik modellar 2 turga bo'linadi:

1. O'tgan vaqt momentlariga (lag qiymatli – kechikish qiymatli) tegishli o'zgaruvchilar qiymatlari modelga ushbu o'zgaruvchining joriy qiymatlari bilan kiritilgan modellar. Bunday modellarga quyidagilar kiradi:

a) Avtoregressiya modeli. Bu dinamik ekonometrik model bo'lib, unda omilli o'zgaruvchilar sifatida natijaviy o'zgaruvchining lag qiymatlari qatnashadi.

Avtoregressiya modeliga quyidagi misol bo'ladi:

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 x_t + \delta_1 y_{t-1} + \delta_2 y_{t-2} + \varepsilon_t.$$

b) Taqsimlangan lagli model. Bu dinamik ekonometrik model bo'lib, u omilli o'zgaruvchilarning joriy va lagli qiymatlarini o'z ichiga oladi. Taqsimlangan lagli modelga quyidagi misol bo'ladi:

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 x_t + \beta_2 x_{t-1} + \dots + \beta_L x_{t-L} + \varepsilon_t,$$

bu yerda L – qatorlar o'rtasidagi vaqtli lag (kechikish) qiymati.

2) Aniq $t+1$ vaqt momentida bitta omilli belgidan yoki natijaviy o'zgaruvchining faraz qilinayotgan yoxud istalgan darajasini ifodalovchi o'zgaruvchilarni o'z ichiga olgan modellar. Ushbu daraja noma'lum bo'lib, t vaqtning o'tgan momentida mavjud bo'lgan axborot asosida aniqlanadi. O'zgaruvchilarning faraz qilinayotgan qiymatlari turli usullar bilan hisoblanadi. Mazkur o'zgaruvchilarni hisoblash usullariga qarab quyidagi modellar turlari farqlanadi:

a) Adaptiv kutish modeli. Mazkur modelda omilli o'zgaruvchi x_{t+1}^* ning faraz qilinayotgan (yoki istalgan) qiymati hisobga olinadi. Umumiy ko'rinishda adaptiv kutish modeli quyidagicha ifodalanadi:

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 x_{t+1}^* + \varepsilon_t$$

Adaptiv kutish modellariga misol bo'lib, kelgusi ($t+1$) davrda faraz qilinayotgan ish haqi va pensiyalarga joriy narxlarning ta'siri bo'ladi

b) Qisman (to'liq bo'lmagan) korrektirovkali model. Ushbu modelda natijaviy o'zgaruvchi y_t^* ning faraz qilinayotgan (yoki istalgan) qiymati hisobga olinadi. Umumiy holda qisman (to'liq bo'lmagan) korrektirovkali modelni quyidagicha yozish mumkin:

$$y_t^* = \beta_0 + \beta_1 x_t + \varepsilon_t$$

Qisman (to'liq bo'lmagan) korrektirovkali modelga misol qilib, dividendlar hajmi y_t^* ni istalgan qiymatining joriy foyda hajmining haqiqiy qiymati x_t ga bog'liqligini keltirish mumkin. Mazkur qisman (to'liq bo'lmagan) korrektirovkali model **Litner modeli** deyiladi.

Dinamik ekonometrik modellarning xususiyati shundaki, ulardagi noma'lum parametrlarni eng kichik kvadratlar usuli bilan baholash turli sabablar bo'yicha mumkin emas.

Avtoregressiya modelidagi noma'lum parametrlarni baholash uchun instrumental o'zgaruvchilar usulidan foydalaniladi, mazkur usul berilgan sharoitlarda eng optimal baholarni olishga imkon beradi.

Taqsimlangan lagli modellar uchun lag strukturasi bog'liq ravishda noma'lum parametrlarni baholashda Almon usuli va Koyk usuli qo'llaniladi.

Mazkur usullarning mohiyati shundaki, berilgan taqsimlangan lagli modelni avtoregressiya modeliga o'zgartirishda instrumental o'zgaruvchilar usuli yordamida baholanadi.

Adaptiv kutishlar modeli va qisman (to'liq bo'lmagan) korrektirovkali modellardagi noma'lum parametrlarni topish maqsadida mazkur modellar avtoregressiya modellari ko'rinishiga keltiriladi.

14.2. Avtoregressiya modeli va uning parametrlarini baholash

Avtoregression model – bu dinamik ekonometrik model bo‘lib, unda omillar o‘zgaruvchilar sifatida natijaviy o‘zgaruvchining lagli qiymatlari ishtirok etadi. Avtoregressiya modeliga misol qilib quyidagi modelni

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 x_t + \delta_1 y_{t-1} + \delta_2 y_{t-2} + \varepsilon_t$$

keltirish mumkin.

Avtoregression modelda β_1 koeffitsienti x o‘zgaruvchi o‘zining o‘lchamida bir birlikka o‘zgarishi ta’sirida y o‘zgaruvchining qisqa muddatli o‘zgarishini xarakterlaydi.

Modeldagi δ_1 koeffitsienti avvalgi ($t-1$) vaqt momentida o‘zining o‘zgarishi ta’sirida y o‘zgaruvchining o‘zgarishini xarakterlaydi. Regressiya koeffitsientlari $\beta_1 \delta_1$ ning ko‘paytmasi oraliq multiplikator deb ataladi. Oraliq multiplikator natijaviy ko‘rsatkich y ning $t+1$ vaqt momentida umumiy absolyut o‘zgarishini xarakterlaydi.

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 \delta_1 + \beta_1 \delta_1^2 + \beta_1 \delta_1^3 + \dots$$

ko‘rsatkich uzoq muddatli multiplikator deyiladi. Uzoq muddatli multiplikator y natijaviy ko‘rsatkichning uzoq muddatli davrda umumiy absolyut o‘zgarishini xarakterlaydi.

Ko‘pchilik avtoregression modellarda barqarorlik shartlari kiritiladi, ya’ni $|\delta_1| < 1$. Cheksiz lag (kechikish) mavjud bo‘lganda quyidagi tenglik bajariladi:

$$\beta = \beta_1 (\delta_1 + \delta_1^2 + \delta_1^3 + \dots) = \frac{\beta_1}{1 - \delta_1}.$$

Barcha omilli o‘zgaruvchilar modeldagi tasodifiy xatolikka bog‘liq bo‘lmagan miqdorlar degan shartdan kelib chiqqan holda normal chiziqli regressiya modeli tuziladi.

Avtoregression modellar holida ushbu shart buziladi, chunki y_{t-1} o'zgaruvchi modeldagi tasodifiy xato ε_t ga qisman bog'liq bo'ladi. Avtoregression modeldagi noma'lum parametrlarni eng kichik kvadratlar usuli bilan baholash mumkin emas, chunki bu y_{t-1} o'zgaruvchi oldidagi koeffitsientning qo'zg'aluvchan baho olishiga olib keladi.

Avtoregression tenglamaning parametrlarini baholash uchun instrumental o'zgaruvchilar (IV – *instrumental variables*) usulidan foydalaniladi. Uning mohiyati quyidagicha.

Tenglamaning o'ng tomonida turgan hamda eng kichik kvadratlar usuli shartlari buzilgan y_{t-1} o'zgaruvchi quyidagi talablarni qondiruvchi yangi z o'zgaruvchi bilan almashtiriladi:

1) ushbu o'zgaruvchi y_{t-1} o'zgaruvchi bilan zich bog'lanishi lozim, ya'ni

$$\text{cov}(y_{t-1}, z) \neq 0.$$

2) ushbu o'zgaruvchi tasodifiy xato ε_t bilan bog'lanmasligi lozim, ya'ni

$$\text{cov}(z, \varepsilon) = 0.$$

Keyin regressiya modeli yangi z instrumental o'zgaruvchi bilan eng kichik kvadratlar usuli yordamida baholanadi.

Regressiya koeffitsienti quyidagicha baholanadi:

$$\tilde{\beta}_{IV} = (Z^T Y)^{-1} Z^T Y.$$

Quyidagi avtoregressiya modeli uchun instrumental o'zgaruvchilar usulini qo'llashga doir misolni qarab chiqamiz:

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 x_t + \delta_1 y_{t-1} + \varepsilon_t.$$

Ushbu modeldagi y_t o'zgaruvchi x_t o'zgaruvchiga bog'liq, bundan shunday xulosa qilish mumkinki, y_{t-1} o'zgaruvchi x_{t-1} o'zgaruvchiga bog'liq ekan. Ushbu bog'liqlikni oddiy juft regressiya modeli orqali ifodalaymiz:

$$y_{t-1} = k_0 + k_1 x_{t-1} + u_t,$$

bu erda k_0, k_1 - regressiyaning noma'lum koeffitsientlari;

u_t - regressiya tenglamasining tasodifiy xatosi.

$k_0 + k_1 x_{t-1}$ ifodani z_{t-1} o'zgaruvchi orqali ifodalaymiz. U holda y_{t-1} uchun regressiya quyidagicha yoziladi:

$$y_{t-1} = z_{t-1} + u_t.$$

Yangi z_{t-1} o'zgaruvchi instrumental o'zgaruvchilarga qo'yiladigan xususiyatlarni qanoatlantiradi: ya'ni u y_{t-1} o'zgaruvchi bilan zich bog'langan, ya'ni $\text{cov}(z_{t-1}, y_{t-1}) \neq 0$ va dastlabki avtoregression modeldagi tasodifiy xatolik ε_t bilan bog'lanmagan, ya'ni $\text{cov}(\varepsilon_t, z_{t-1}) = 0$.

Avtoregressiyaning dastlabki modeli quyidagicha yozilishi mumkin:

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 x_t + \delta_1 (k_0 + k_1 x_{t-1} + u_t) + \varepsilon_t = \beta_0 + \beta_1 x_t + \delta_1 z_{t-1} + v_t,$$

bu yerda $v_t = \delta_1 u_t + \varepsilon_t$.

O'zgartirilgan modeldagi noma'lum parametrlarning baholari oddiy eng kichik kvadratlar usuli yordamida topiladi. Ular dastlabki avtoregression modeldagi noma'lum koeffitsientlarning baholari hisoblanadi.

14.3. Taqsimlangan lagli modellarning xarakteristikasi

Taqsimlangan lagli model – bu dinamik ekonometrik model bo'lib, o'z ichiga omilli o'zgaruvchilarning joriy va lagli (kechikkan) qiymatlarini oladi. Taqsimlangan lagli modelga misol bo'lib, quyidagi hisoblanadi:

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 x_t + \beta_2 x_{t-1} + \dots + \beta_L x_{t-L} + \varepsilon_t.$$

Taqsimlangan lagli modellar omilli o'zgaruvchi x ning o'zgarishi natijaviy o'zgaruvchi x ga ta'sirini, ya'ni t vaqt momentida x ning o'zgarishi y o'zgaruvchining qiymatiga keyingi L vaqt momentlari davomida ta'sir ko'rsatishini aniqlashga imkon beradi.

Regressiyaning β_1 parametri qisqa muddatli multiplikator deb ataladi. U x omilning lagli qiymatlari ta'sirini hisobga olmasdan, t vaqtning konkret momentida

x_t omilning o'z o'lchamida bir birlikka o'zgarishi natijasida y_t o'zgaruvchining o'rtacha absolyut o'zgarishini ko'rsatadi.

Regressiyaning β_2 parametri $t-1$ vaqt momentida x_t omilning o'z o'lchamida bir birlikka o'zgarishi natijasida y_t o'zgaruvchining o'rtacha absolyut o'zgarishini xarakterlaydi.

$(\beta_1 + \beta_2)$ parametrlar yig'indisi oraliq multiplikator deyiladi. U $t+1$ vaqt momentida x_t o'zgaruvchining y o'zgaruvchiga umumiy ta'sirini ifodalaydi, ya'ni x o'zgaruvchining t vaqt momentida bir birlikka o'zgarishi y o'zgaruvchining t vaqt momentida β_1 birlikka o'zgarishiga va $t+1$ vaqt momentida y o'zgaruvchining β_2 birlikka o'zgarishiga olib kelishini ifodalaydi.

$\beta = \beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_L$ parametrlar yig'indisi uzoq muddatli multiplikator deb ataladi. U t vaqt momentida x o'zgaruvchining o'z o'lchamida bir birlikka o'zgarishi ta'sirida $(t+L)$ vaqt momentida y o'zgaruvchining umumiy o'zgarishini xarakterlaydi.

O'rtacha lag deb, t vaqt momentida x o'zgaruvchining o'zgarishi ta'sirida y natijaviy o'zgaruvchining o'zgarishi amalga oshadigan o'rtacha davrga aytiladi:

$$\bar{L} = \sum_{i=0}^L i \cdot \frac{\beta_i}{\beta}$$

Agar o'rtacha lag qiymati unchalik katta bo'lmasa, u holda y natijaviy o'zgaruvchi x o'zgaruvchining o'zgarishiga tez javob beradi. Agar o'rtacha lag qiymati katta bo'lsa, u holda x omilli o'zgaruvchi y natijaviy o'zgaruvchiga sekin ta'sir qiladi.

Mediana lagi – bu shunday vaqt oralig'iki, bunda x omilning o'zgarishi boshlanishi vaqtidan uning umumiy ta'sirining yarimi y natijaviy o'zgaruvchiga ta'sir ko'rsatadi.

Taqsimlangan lagli modellardagi noma'lum koeffitsientlarini baholash quyidagi sabablarga ko'ra eng kichik kvadratlar usulini qo'llashga imkon bermaydi:

1) normal chiziqli regression modelning birinchi sharti buziladi, chunki omilli o'zgaruvchining joriy va lagli qiymatlari bir-biri bilan kuchli bog'langan;

2) L lagning katta qiymatida regressiya modeli tuziladigan kuzatuvlar soni kamayadi va ta'sir etuvchi omillar $(x_t, x_{t-1}, x_{t-2}, \dots)$ soni ortadi, bu esa o'z navbatida modeldagi ozodlik darajalari sonining yo'qolishiga olib keladi;

3) bunday modellarda qoldiqlar avtokorrelyatsiyasi muammosi paydo bo'ladi.

Ushbu sabablar regressiya koeffitsientlari baholarining beqarorligiga olib keladi, ya'ni model spetsifikatsiyasini o'zgarishi bilan uning parametrlari ancha o'zgarib, aniqlik va samaradorlikni yo'qotadi.

Amaliyotda taqsimlangan lagli modellar parametrlari maxsus usullar yordamida baholanadi, xususan Almon usuli va Koyk usuli yordamida.

Vaqtli lag strukturasi aniqlashdagi asosiy qiyinchilik – bu β_i parametrlar baholarini aniqlash hisoblanadi.

14.4. Almon usuli

Almon usuli yoki Almon laglari L lagning pirovard qiymati va lagning polinomial strukturaga ega bo'lgan taqsimlangan lagli modellarni ifodalash uchun foydalaniladi.

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 x_t + \beta_2 x_{t-1} + \dots + \beta_L x_{t-L} + \varepsilon_t \quad (14.1)$$

Lag strukturasi lag miqdoridan kelib chiqib omilli o'zgaruvchilar parametrlari bog'liqligi grafigi yordamida aniqlanadi.

Almon usulining mohiyati quyidagilardan iborat:

1) ta'sir etuvchi omillar oldidagi β_i koeffitsientlarning i lag qiymatidan bog'liqligi quyidagi polinomial funktsiyalarda approksimatsiyalanadi:

a) birinchi darajali $\beta_i = c_0 + c_1 \cdot i$;

b) ikkinchi darajali $\beta_i = c_0 + c_1 \cdot i + c_2 \cdot i^2$;

v) uchinchi darajali $\beta_i = c_0 + c_1 \cdot i + c_2 \cdot i^2 + c_3 \cdot i^3$;

g) yoki umumiy holda R darajali: $\beta_i = c_0 + c_1 \cdot i + c_2 \cdot i^2 + \dots + c_p \cdot i^p$.

Almon ko‘p hollarda bevosita β_i koeffitsientlardan ko‘ra $c_i, i = \overline{0, P}$ koeffitsientlarni baholash oson ekanligini isbotladi. β_i koeffitsientlarni baholashning ushbu usuli polinomial approksimatsiya deyiladi;

(13.1) modeldagi har bir koeffitsientni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\beta_1 = c_0;$$

$$\beta_2 = c_0 + c_1 + \dots + c_p;$$

$$\beta_3 = c_0 + 2c_1 + 4c_2 + \dots + 2^p c_p;$$

$$\beta_4 = c_0 + 3c_1 + 9c_2 + \dots + 3^p c_p;$$

$$\beta_5 = c_0 + Lc_1 + L^2c_2 + \dots + L^p c_p;$$

β_i koeffitsientlar uchun olingan nisbatlarni (8.1) modelga qo‘yamiz

$$\begin{aligned} y_t = & \beta_0 + c_0x_t + (c_0 + c_1 + \dots + c_p) \cdot x_{t-1} + \\ & + (c_0 + 2c_1 + 4c_2 + \dots + 2^p c_p) \cdot x_{t-2} + \\ & + \dots + (c_0 + Lc_1 + L^2c_2 + L^p c_p) \cdot x_{t-L} + \varepsilon_t; \end{aligned}$$

3) olingan natijaga qo‘shiluvchilarning qayta guruhlash usulini qo‘llaymiz:

$$\begin{aligned} y_t = & \beta_0 + c_0x_t + (x_t + x_{t-1} + x_{t-2} + \dots + x_{t-L}) + \\ & + c_1 \cdot (x_{t-1} + 2x_{t-2} + 3x_{t-3} + \dots + Lx_{t-L}) + \\ & + c_2 \cdot (x_{t-1} + 4x_{t-2} + 9x_{t-3} + \dots + L^2x_{t-L}) + \dots + \\ & + c_p \cdot (x_{t-1} + 2^p x_{t-2} + 3^p x_{t-3} + \dots + L^p x_{t-L}) + \varepsilon_t. \end{aligned}$$

$c_i, i = \overline{0, P}$ koeffitsientlaridan keyin qavslarda turgan yig‘indilarni yangi o‘zgaruvchilar sifatida belgilaymiz:

$$z_0 = x_1 + x_{t-1} + x_{t-2} + \dots + x_{t-L} = \sum_{i=0}^L x_{t-i};$$

$$z_1 = x_{t-1} + 2x_{t-2} + 3x_{t-3} + \dots + Lx_{t-L} = \sum_{i=0}^L i \cdot x_{t-i};$$

$$z_2 = x_{t-1} + 4x_{t-2} + 9x_{t-3} + \dots + L^2x_{t-L} = \sum_{i=0}^L i^2 \cdot x_{t-i};$$

$$z_p = x_{t-1} + 2^p x_{t-2} + 3^p x_{t-3} + \dots + L^p x_{t-L} = \sum_{i=0}^L i^p \cdot x_{t-i}.$$

Yangi o'zgaruvchilarni hisobga olganda model quyidagi ko'rinishga ega:

$$y_t = \beta_0 + c_0 z_0 + c_1 z_1 + \dots + c_p z_p + \varepsilon_t; \quad (14.2)$$

4) yangi (8.2) modeldagi koeffitsientlarni oddiy eng kichik kvadratlar usuli bilan aniqlaymiz. $c_i, i = \overline{0, P}$ koeffitsientlarining olingan baholari asosida birinchi qadamda olingan nisbatlardan foydalanib, dastlabki (9.1) modeldagi $\beta_i, (i = \overline{1, L})$ parametrlar baholarini topamiz.

Almon usulining kamchiliklari:

1) maksimal vaqt lagi L qiymati oldindan aniq bo'lishi kerak, lekin bu amaliyotda har doim ham uchramaydi.

L lagning qiymatini aniqlashning bitta usullaridan bo'lib, bog'lanish zichligi ko'rsatkichini, masalan natijaviy o'zgaruvchi y va $x: r(y, x_{t-1}), r(y, x_{t-2})$ va hokazo ta'sir etuvchi omilning lagli qiymati o'rtasida chiziqli juft korrelyatsiya koeffitsientlarini tuzish hisoblanadi. Agar bog'lanish zichligi ko'rsatkichi ahamiyatli bo'lsa, u holda ushbu o'zgaruvchini taqsimlangan lagli modelga kiritish kerak. Maksimal ahamiyatli bog'lanish zichligi ko'rsatkichining tartibi L lagning maksimal qiymati sifatida qabul qilinadi;

2) R polinomning tartibi noma'lum. Polinomial funktsiyani tanlashda odatda amaliyotda ikkinchi darajali polinomdan yuqori tartibdagilaridan foydalanilmaydi degan farazdan kelib chiqiladi. Polinomning tanlangan darajasi esa lag strukturasiidagi ekstremumlar sonidan bittaga kam bo'lishi kerak.

3) agar ta'sir etuvchi omillar o'rtasida zich bog'lanish mavjud bo'lsa, u holda x dastlabki omillarning kombinatsiyasi sifatida aniqlanadigan yangi o'zgaruvchilar $z (i = \overline{0, L})$ ham o'zaro bog'langan bo'ladi. Regressiyaning o'zgartirilgan (14.2) modelida multkollinearlik muammosi to'liq bartaraf etilmagan. Shunga qaramasdan z_i yangi o'zgaruvchilar multikollinearligi (14.1) dastlabki modeldagi parametrlar $\beta_i, (i = \overline{1, L})$ baholaridan ancha past bo'ladi.

Almon usulining afzalliklari:

1) o'zgartirilgan (14.2) regression modeldagi ($R=2,3$) o'zgaruvchilarning uncha ko'p miqdorda bo'lmagan holda va ozodlik darajalari sonini ko'proq yo'qotishga olib kelmasligini hisobga olib, Almon usuli yordamida (14.1) ko'rinishdagi istalgan uzunlikdagi taqsimlangan lagli modelni tuzish mumkin, ya'ni maksimal lag L etarlicha katta bo'lishi mumkin;

2) Almon usuli universal bo'lib, undan turli strukturali laglarni xarakterlovchi jarayonlarni modellashtirishda foydalanish mumkin.

14.5. Koyk usuli

Koyk usulining (Koyk bo'yicha o'zgartirish) mohiyati quyidagicha. Agar (14.1) regressiya t vaqt momenti uchun o'rinli bo'lsa, u holda $t-1$ vaqt momenti uchun ham o'rinli bo'ladi.

$$y_{t-1} = \beta_0 + \beta_1 x_{t-1} + \beta_1 \cdot \lambda \cdot x_{t-2} + \beta_1 \cdot \lambda^2 \cdot x_{t-3} + \beta_1 \cdot \lambda^3 \cdot x_{t-4} + \dots + \varepsilon_{t-1}.$$

Ushbu tenglamaning ikki tomonini λ ga ko'paytiramiz va ularni (14.1) tenglamadan ayiramiz:

$$y_t - \lambda \cdot y_{t-1} = \beta_0 \cdot (1 - \lambda) + \beta_1 x_t + \varepsilon_t - \lambda \cdot \varepsilon_{t-1}.$$

yoki

$$y_t = \beta_0 \cdot (1 - \lambda) + \beta_1 x_t + \lambda \cdot y_{t-1} + v_t,$$

bu yerda $v_t = \varepsilon_t - \lambda \cdot \varepsilon_{t-1}$.

Ushbu model avtoregressiya modeli hisoblanadi.

Modelning olingan shakli uning qisqa muddatli va uzoq muddatli xususiyatlarini tahlil qilishga imkon beradi.

Qisqa muddatli davrda (joriy davrda) y_{t-1} qiymati o'zgarimas deb qaraladi, x o'zgaruvchining y o'zgaruvchiga ta'sirini β_1 koeffitsienti xarakterlaydi.

Uzoq muddatli davrda (tenglamaning tasodifiy komponentasini hisobga olmaganda) agar x_t qandaydir \bar{x} muvozanat qiymatga intilsa, u holda y_t va y_{t-1} o'zining muvozanat qiymatiga intiladi, u esa quyidagicha aniqlanadi:

$$\bar{y} = \beta_0 \cdot (1 - \lambda) + \beta_1 \bar{x} + \lambda \cdot \bar{y},$$

bunda esa quyidagi kelib chiqadi:

$$\bar{y} = \beta_0 + \frac{\beta_1}{1 - \lambda} \cdot \bar{x},$$

x o'zgaruvchining y o'zgaruvchiga uzoq muddatli ta'siri quyidagi koeffitsient bilan aniqlanadi, ya'ni:

$$\frac{\beta_1}{1 - \lambda}.$$

Agar parametr $\lambda \in [0; +1]$ bo'lsa, u holda y β_1 qiymatidan oshib ketadi, ya'ni uzoq muddatli ta'sir qisqa muddatli ta'sirdan kuchliroq bo'ladi. Koykning o'zgartiruvchi modeli amaliyotda qulay hisoblanadi, chunki β_0, β_1 va λ parametrlarining baholarini juft regressiya modelining eng kichik kvadratlar usulida baholash orqali olish mumkin. Eng kichik kvadratlar usulida olingan ushbu baholar qo'zg'aluvchan va mos kelmaydigan bo'ladi, chunki normal chiziqli regression modelning birinchi sharti buziladi (bog'liq o'zgaruvchi y qisman ε_{t-1} ga bog'liq bo'ladi va shuning uchun tasodifiy xatolarning bittasi ($\lambda \cdot \varepsilon_{t-1}$) bilan bog'langan bo'ladi).

Nazorat uchun savollar

1. Vaqtli qatorlarni qanday usullar bilan tekislash mumkin?
2. Dinamik ekonometrik modellarning umumiy xarakteristikalarini?
3. Avtoregressiya modeli va uning parametrlarini baholashni tushuntirib bering?
4. Taklif va boshqa bozor iqtisodiyot qonunlari namoyon bo'lishini o'rganishda regression tahlil usullaridan foydalanish tartibini misollarda tushuntirib bering.
5. Taqsimlangan lagli modellarning aniq bir misolda tushuntirib bering.
6. Almon usuliga izoh bering.
7. Koyk usuliga izoh bering.

15-BOB. EKONOMETRIK TADQIQOTLARDA AXBOROT TEXNOLOGIYALARI

- 15.1. EViews – ekonometrik modellashtirish dasturi imkoniyatlari**
- 15.2. EViews dasturini ishga tushirish**
- 15.3. EViews dasturida ma'lumotlarni kiritish va yuklash**
- 15.4. Ma'lumotlarni klaviatura orqali kiritish**
- 15.5. Dasturga ma'lumotlarni import qilish**
- 15.6. EViews dasturida ko'plikdagi regressiyaning klassik chiziqli modeli**
- 15.7. Tavsifiy statistikalar tahlili**
- 15.8. Korrelyatsion tahlil**
- 15.9. Ko'plikdagi regressiya modelini tuzish**
- 14.10. Tuzilgan model sifatini tahlil qilish**

15.1. EViews – ekonometrik modellashtirish dasturi imkoniyatlari

EViews fazoviy ma'lumotlar (cross-section), vaqtli qatorlar (time series), panel ma'lumotlarni (panel data) tahlil qilish va modellashtirish, regression modellarni tuzishga mo'ljallangan ekonometrik dasturiy vosita hisoblanadi. EViews ekonometrik modellashtirish va tahlil qilish sohasida hozirgi kundagi eng ommaviy va yuqori aniqlikka ega bo'lgan dasturiy vositadir.

EViews – ekonometrik modellashtirish dasturiy vositasi ma'lumotlarni qayta ishlashning murakkab va tushunarli instrumentlarini ta'minlaydi.

Mazkur dasturiy paket yordamida tahlil qilinayotgan ma'lumotlar o'rtasida statistik bog'liqliklar mavjudligini aniqlash mumkin va keyin olingan bog'liqliklardan foydalanib, o'rganilayotgan ko'rsatkichlarni prognoz qilish mumkin.

EViews vaqtli qatorlar ko'rinishidagi ma'lumotlarni tahlil qilishda foydalanuvchiga keng imkoniyatlar yaratuvchi zamonaviy dasturiy paket hisoblanadi. EViews dasturi ma'lumotlarni kiritish va olingan natijalarni iqtisodiy

talqin qilishda qulay va do'stona interfeysga ega hamda foydalanishda etarlicha soddadir. Dasturning tarkibi monolitdir (ya'ni dastur bir butun bo'lib, hech qanday qo'shimcha modullarni o'z tarkibiga olmagan). Ayrim statistik dasturlar, masalan, STATISTICA yoki SPSS dasturlari bir necha modullardan iborat bo'lgani uchun ulardan foydalanish oddiy foydalanuvchiga biroz murakkabdir.

EViews – ekonometrik modellashtirish dasturiy vositasidan quyidagi masalalarni echishda foydalanish mumkin:

- ilmiy axborotlarni tahlil qilish;
- moliyaviy tahlil;
- makroiqtisodiy prognozlash;
- iqtisodiy jarayonlarni modellashtirish;
- bozorlar holatini prognoz qilish va hokazo.

EViews – ekonometrik modellashtirish dasturiy vositasi kimlar uchun foydali:

- iqtisodiy va ijtimoiy jarayonlarni ekonometrik modellashtirish sohasidagi ilmiy izlanuvchilar;

- moliyaviy sohadagi analitiklar;
- iqtisodiy jarayonlarni modellashtirish bilan shug'ullanuvchi marketologlar va boshqalar.

EViews ekonometrik modellashtirish dasturida ekonometrik tahlilning keng spektrdagi modellari va usullari keltirilgan. Jumladan:

- ARCH, Binary, Censored, Count, GMM, LS, NLS, Ordered, TSLS, ML usullari;

- LRM, GRM, ARIMA, Logit, Probit, Tobit, VAR, ECM, VECM, Pooled model modellari.

EViews dasturi oddiyligiga qaramasdan, uning grafik imkoniyatlari analitiklar, tadqiqotchilar, marketologlarning muvaffaqiyatli ishlari uchun ma'lumotlarni taqdim etishning barcha asosiy formatlarini ta'minlaydi (grafiklar, diagrammalar va h.k.).

EViews dasturining qo'llanish sohasi biznesning zamonaviy nazariyasi va amaliyotining barcha jabhalarini o'z ichiga oladi. EViews dasturi turli tipdagi ma'lumotlar bilan ishlashga imkon beradi, shuningdek, uning imkoniyatlari vaqtli qatorlar ko'rinishidagi miqdoriy ko'rsatkichlarni modellashtirish va prognozlash masalalarini echishda juda yaxshi namoyon bo'ladi. Shuni qayd etish kerakki, EViews dasturida yuqorida qo'yilgan masalalarda yuzaga keladigan muammolarni aniqlash va echish bo'yicha etarlicha to'liq usullar ko'zda tutilgan:

- geteroskedastlikni aniqlashda HC NW, HAC White, ARCH-LM, White testlari;

- avtokorrelyatsiyani aniqlashda DW, LM -test testlari;

- nostatsionarlik va kointegratsiyaning mavjudligini aniqlashda DF, ADF, cointegration test testlari va hokazo.

EViews dasturida o'rnatilgan Chow forecast, Chow breackpoint, Ramsey reset testlari tarkibiy o'zgarishlar mavjudligi to'g'risidagi gipotezani tekshirishga imkon beradi. Aloqadorlik bo'yicha Greynjer (Greynjer) testi sabab-oqibat bog'liqliklarining tanlangan yo'nalishlarini aniq asoslashga imkon beradi. Moliyaviy vaqtli qatorlarni prognozlash uchun EViews dasturi prognozlashning an'anaviy instrumentlaridan tashqari impulslarga javob berish tahlili va shartli geteroskedastlikni modellashtirishdan foydalanishga imkon beradi.

15.2. EViews dasturini ishga tushirish

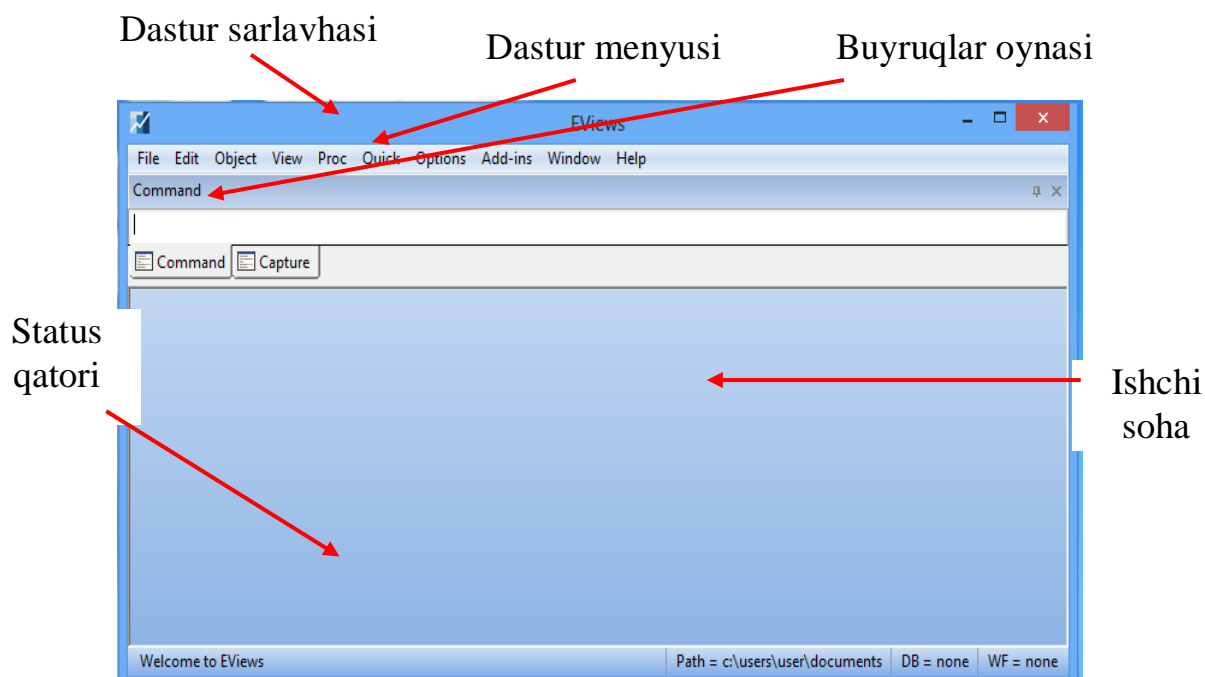
EViews dasturini ishga tushirishning bir necha usullari mavjud:

1) Pusk menyusidan EViews dasturini topib, sichqonchaning chap knopkasini bir marta bosish lozim;

2) Windowsning ish stolida  yorlig'iga sichqonchaning chap knopkasini ikki marta bosish lozim;

3) Windowsning buyruqlar qatorida EViews so'zini yozib, Enter knopkasini bir marta bosish lozim.

Natijada EViews dasturi ishga tushadi va ekranda quyidagi ko‘rinishda oyna paydo bo‘ladi (15.1-rasm):



15.1-rasm. EViews dasturi oynasi

EViews dasturi quyidagi 5 ta sohadan iborat.

1. Dasturning nomi aks ettirilgan sarlavha.
2. Dasturning asosiy menyusi.
3. Buyruqlar oynasi.
4. Dasturning ishchi sohasi.
5. Status qatori.

15.3. EViews dasturida ma'lumotlarni kiritish va yuklash

Har qanday ekonometrik modellashtirish paketida ishlash jarayoni ma'lumotlarni yangidan kiritish yoki mavjud ma'lumotlarni yuklashdan boshlanadi. Ekonometrik modellashtirishda foydalaniladigan ma'lumotlar quyidagi 3 turga bo'linadi:

- 1) fazoviy ma'lumotlar (cross-sectional data);
- 2) vaqtli qatorlar (time-series data);
- 3) panel ma'lumotlari (panel data).

Fazoviy ma'lumotlar – bu bir davrda yoki vaqt momentidagi turli xil ob'ektlarni xarakterlovchi iqtisodiy yoki ijtimoiy axborotlar to'plamidir.

Fazoviy ma'lumotlar ayrim bosh to'plamdan olingan talanma to'plam hisoblanadi. Fazoviy ma'lumotlarga misol sifatida turli mamlakatlarda aniq bir yilda YaIM (yalpi ichki mahsulot), inflyatsiya, ishsizlik darajalari to'g'risida ma'lumotlar, ayrim hududda joylashgan korxonalarining aniq vaqtdagi ma'lumotlarini (korxonalarining ishlab chiqargan mahsuloti hajmi, ishlovchilari soni, asosiy fondlari qiymati) keltirish mumkin.

Vaqtli qatorlar – bu turli vaqt (yillar, kvartallar, oylar) davomida bitta ob'ektni xarakterlovchi iqtisodiy va ijtimoiy axborotlar to'plamidir.

Alohida olingan vaqtli qatorni vaqt bo'yicha cheksiz qatordan olingan qiymatlarning tanlamasi sifatida qarash mumkin. Vaqtli qatorlarga misol sifatida iste'mol baholari indeksi, valyutalarning kundalik almashuv kursi, korxonalarining sotish hajmi, ma'lum mamlakatning YaIM dinamikasini keltirish mumkin.

Panel ma'lumotlari – bu fazoviy ma'lumotlar va vaqtli qatorlar kombinatsiyasidan tashkil topgan ma'lumotlardir. Panel ma'lumotlar bitta va bir necha ob'ektlar bo'yicha ma'lumotlarning ketma-ket vaqt davomidagi to'plamidir.

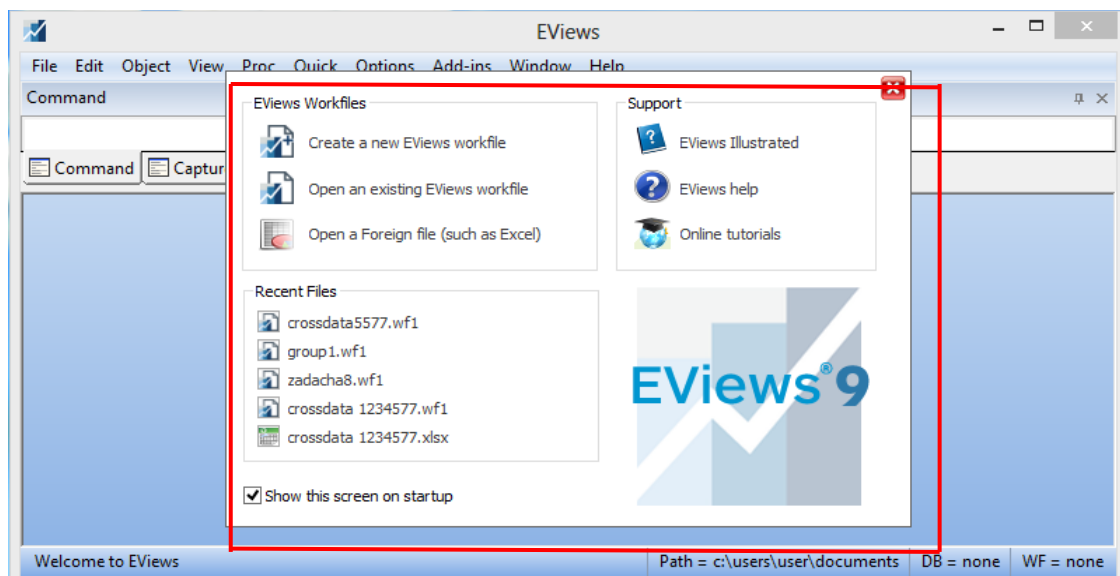
Panel ma'lumotlariga misol bo'lib, ma'lum bir tarmoq korxonalarining xo'jalik faoliyati bo'yicha har yilda to'planadigan ko'rsatkichlari hisoblanadi. Bu holda biz bir xil korxonalarining bir vaqtdagi holati bo'yicha hamda bir xil iqtisodiy ko'rsatkichning turli vaqt davomida o'zgarishlari to'g'risidagi ma'lumotlar massiviga ega bo'lamiz. Agar korxonalar to'plami yildan yilga farq qilsa, u holda bu ma'lumotlar panel ma'lumotlari bo'la olmaydi.

Ushbu keltirilgan ma'lumotlar turlari ekonometrik modellashtirishda keng foydalaniladi. EViews dasturida mazkur ma'lumotlarni qayta ishlash bo'yicha etarli darajada instrumentlar mavjud.

EViews dasturida ma'lumotlarni klaviatura orqali kiritish va mavjud ma'lumotlarni yuklash imkoniyatlari mavjud. Ushbu ikki usulni ko'rib chiqamiz.

15.4. Ma'lumotlarni klaviatura orqali kiritish

EViews dasturi yuklangandan so'ng ekranda quyidagi oyna paydo bo'ladi (15.2-rasm):

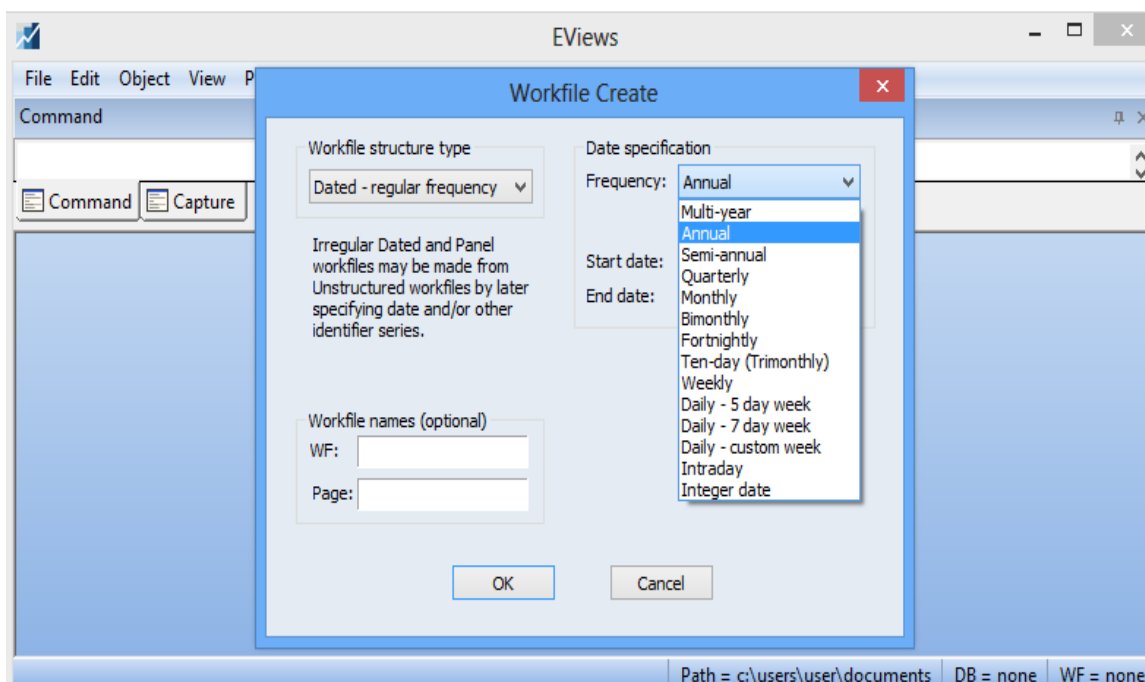


15.2-rasm. EViews dasturini dastlabki ishga tushirish

15.2-rasmdan ko'rish mumkinki, dastur dastlabki ishga tushirilganda maxsus oyna paydo bo'lib, unda EViews ishchi fayllari (EViews workfiles) bilan ishlash, dastur bo'yicha texnik yordam (Support) va yaqinda foydalanilgan fayllar (Recent files) ro'yxati keltiriladi.

EViews dasturidan keyinchalik foydalanilganda mazkur oyna paydo bo'lmasligi uchun Show this screen on startup qatoridagi belgini olib tashlash lozim.

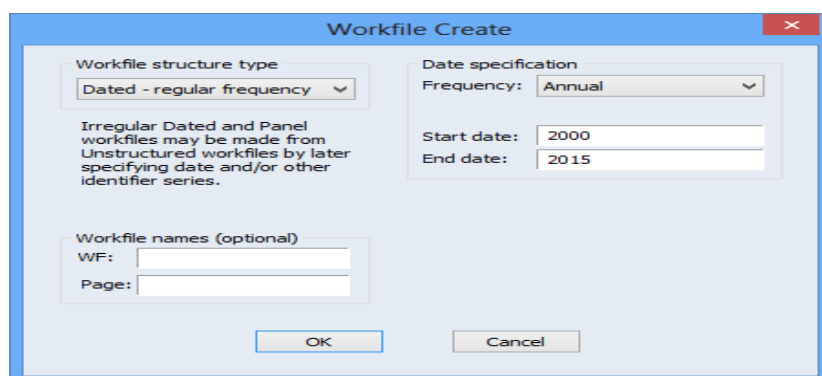
Ishchi faylga statistik ma'lumotlarni klaviatura orqali kiritish uchun EViews ning buyruqlar oynasida **create** buyrug'ini kiritish kerak. Natijada ekranda quyidagi oyna paydo bo'ladi (15.3-rasm):



15.3-rasm. Ishchi faylni yaratish va ma'lumotlar oralig'ini o'rnatish

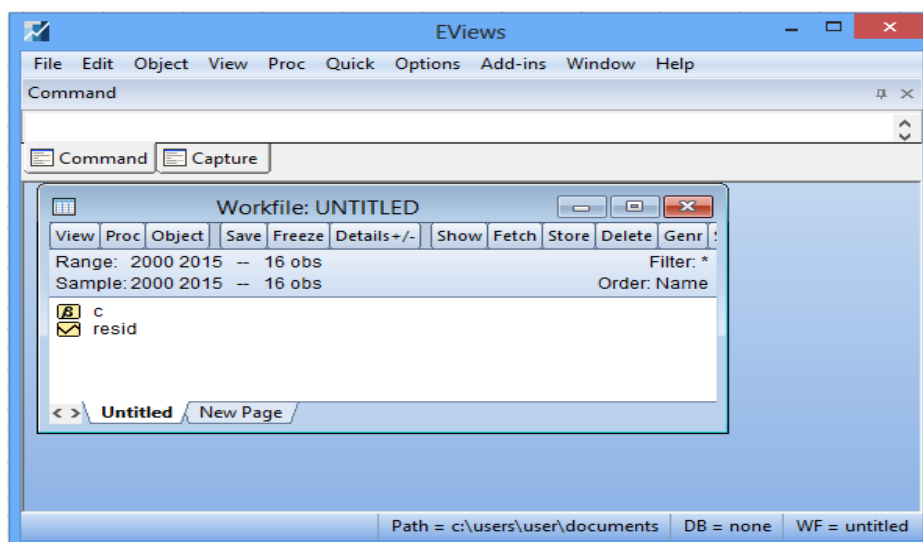
EViews dasturi 8 turdagi ma'lumotlar bilan ishlashga imkon beradi (yillik, yarim yillik, choraklik, oylik, haftalik (5 kunlik), haftalik (7 kunlik), kunlik, sanasi keltirilmagan kuzatuvlar va h.k.). Dasturda interpolatsiya va ekstrapolyatsiyaning turli protseduralaridan foydalanib, ma'lumotlarning bir turdan boshqasiga o'tishi ham mumkinligi ta'minlangan. Ma'lumotlarni boshqarish imkoniyatlari to'g'risida so'z yuritilganda, shuni qayd etish kerakki, EViews dasturi RATS, TSP, GiveWin va Aremos TSD kabi dasturlar tomonidan yaratilgan fayllarni qo'llab-quvvatlaydi. Bundan tashqari ASCII, XLS, WK1, WK3, TSD formatlaridan ma'lumotlarni import/eksport qilishga yo'l qo'yadi. Foydalanuvchi mavjud ma'lumotlar asosida yuqorida keltirilgan ma'lumotlar oralig'ini tanlashi mumkin.

Agar ma'lumotlar Annual (yillik) formatda bo'lsa, u holda ma'lumotlarning boshlang'ich yili (masalan, 2000) va oxirgi yilini (masalan, 2015) kiritish zarur. Bunday holda dastur ma'lumotlar uchun oraliq intervalini (Range) ajratadi (15.4-rasm).



15.4-rasm. Ma'lumotlarga vaqt intervalini belgilash

OK knopkasi bosilgandan so'ng ekranda quyidagi oyna paydo bo'ladi (15.5-rasm):



15.5-rasm. Ishchi fayl oynasi

Ishchi fayl (workfile) oynasida uning menyusi, vaqt intervalining uzunligi (range), kuzatuvlar soni (observation) hamda S koeffitsientlari vektori hamda Resid qatorlari aks ettiriladi.

Ma'lumotlarni kiritish uchun, avvalo, natijaviy omil (o'zgaruvchi) (Y) va ta'sir etuvchi omillarni (bog'liq bo'lmagan) (X_i) belgilab olish kerak. **EViews** dasturida kirill alifbosida o'zgaruvchilar nomini kiritib bo'lmaydi.

Dasturga ma'lumotlarni kiritish uchun buyruqlar oynasida **Data** buyrug'ini kiritish kerak. **Data** buyrug'ini sintaksisi quyidagicha:

Data (natijaviy omil) (ta'sir etuvchi omillar).

Masalan, Y natijaviy omil, X_1 , X_2 , X_3 , X_4 ta'sir etuvchi omillar bo'lsin. Ularni ishchi faylga kiritish uchun quyidagi buyruq beriladi:

data Y X1 X2 X3.

Shunga e'tibor berish kerakki, **o'zgaruvchilar o'rtasida probel bo'lishi shart**. Aks holda dastur barcha omillarni bitta omil deb tushunadi.

EViews dasturida **data Y X1 X2 X3** buyrug'i berilib, OK knopkasi bosilgandan so'ng, ma'lumotlarni kiritish uchun quyidagi oyna ochiladi (15.6-rasm):

Sample	Y	X1	X2	X3	X4
2000	126	4	15	17	100
2001	137	4.8	14.8	17.3	98.4
2002	148	3.8	15.2	16.8	NA
2003	191	8.7	15.5	16.2	NA
2004	274	8.2	15.5	16	NA
2005	370	9.7	16	18	NA
2006	432	14.7	18.1	20.2	NA
2007	445	18.7	13	15.8	NA
2008	367	19.8	15.8	18.2	NA
2009	367	10.6	16.9	16.8	NA
2010	321	8.6	16.3	17	NA
2011	307	6.5	16.1	18.3	NA
2012	331	12.6	15.4	16.4	NA
2013	345	6.5	15.7	16.2	NA
2014	364	5.8	16	17.7	NA
2015	384	5.7	15.1	16.2	NA

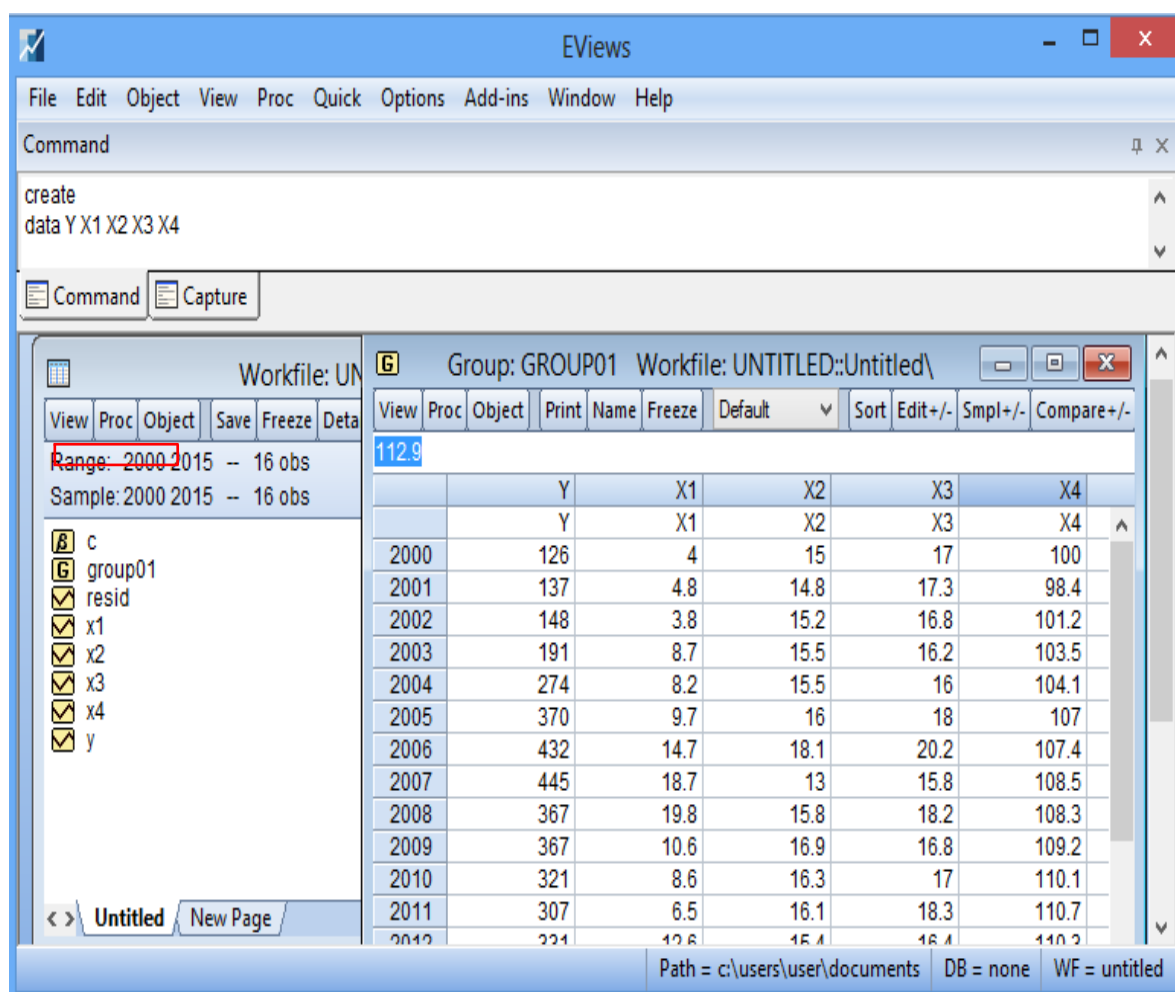
15.6-rasm. Ishchi faylga ma'lumotlarni kiritish

Kiritilgan ma'lumotlarning miqdoriy qiymatlari aks ettiriladi, agar ma'lumot kiritilmagan va umuman mavjud bo'lmasa, u holda yacheykada "NA" yozuvi keltiriladi. O'zgaruvchilarga mos keluvchi yacheykalardagi ma'lumotlarni o'chirish, korrektirovka qilish mumkin.

Eslatib o'tamiz, EViews dasturida ma'lumotlarning butun va kasr qismi nuqta bilan ajratiladi (masalan, 2.5 yoki 1205.07, (nuqtaning o'rniga vergul qo'yish mumkin emas)).

Ma'lumotlar kiritib bo'lingandan so'ng, ishlash oson bo'lishi uchun ular yagona guruhga birlashtiriladi. Buning uchun ishchi fayl menyusidan **Name**






















tanlanadi va guruhga **group01** nomi beradi. Natijada ushbu guruh **Range** oynasida paydo bo‘ladi (15.7-rasm).



15.7-rasm. Ma'lumotlarni guruhga birlashtirish

Ma'lumotlar ishchi faylga kiritilgandan so'ng ularni saqlash lozim. Buning uchun EViews dasturida **File** menyusiga kirib, **Save As...** buyrug'ini tanlash lozim. Shundan so'ng EViews dasturi ishchi faylni qerda saqlash to'g'risida ma'lumot so'raladi. Foydalanuvchi kerakli disk va papkaning nomini ko'rsatib, faylga nom beradi (**fayl nomi lotin alifbosida yozilishi shart**). Masalan, **salenomli** fayl S diskdagi Dokumenti papkasida joylashishi lozim. Ushbu faylni zarur paytda Dokumenti papkasida yuklash, korrektirovka qilish mumkin.

EViews dasturining ishchi faylida bir qator ob'ektlar turini yaratish va joylashtirish mumkin (15.8-rasm).

 Alpha	 Model	 Sym
 Coefficient Vector	 Pool	 System
 Equation	 Rowvector	 Table
 Graph	 Sample	 Text
 Group	 Scalar	 Valmap
 Logl	 Series	 VAR
 Matrix	 Bspace	 Vector

15.8-rasm. EViews dasturining ishchi faylidagi ob'ektlar turlari

Alpha – alfa koeffitsient (foydalanuvchi tomonidan beriladi);

Coefficient Vector – vektor koeffitsienti (hisob-kitoblar asosida olinadi);

Equation – tenglama (juft va ko‘p omilli modellar ko‘rinishida hisob-kitoblar asosida olinadi);

Graph – ma’lumotlar asosida turli ko‘rinishdagi grafiklarni saqlaydi (juft va ko‘p omilli modellar bo‘yicha hisob-kitoblar asosida olinadi);

Group – guruhlangan ma’lumotlar (ma’lumotlarni juft, yakka va bir nechasini bir guruhga guruhlashtiriladi);

Logl – o‘xshash funktsiya qiymatlari;

Matrix – matritsa (ma’lumotlar matritsa ko‘rinishida joylashadi);

Model – model matn ko‘rinishida keltirilgan bo‘ladi;

Pool – birlashgan ma’lumotlar;

Rowvector – qator vektor;

Sample – tanlama;

Scalar – skalyar qiymat;

Series – qatorlar (ma’lumotlar);

Sym – belgi;

System – tenglamalar tizimi;

Table – jadval;

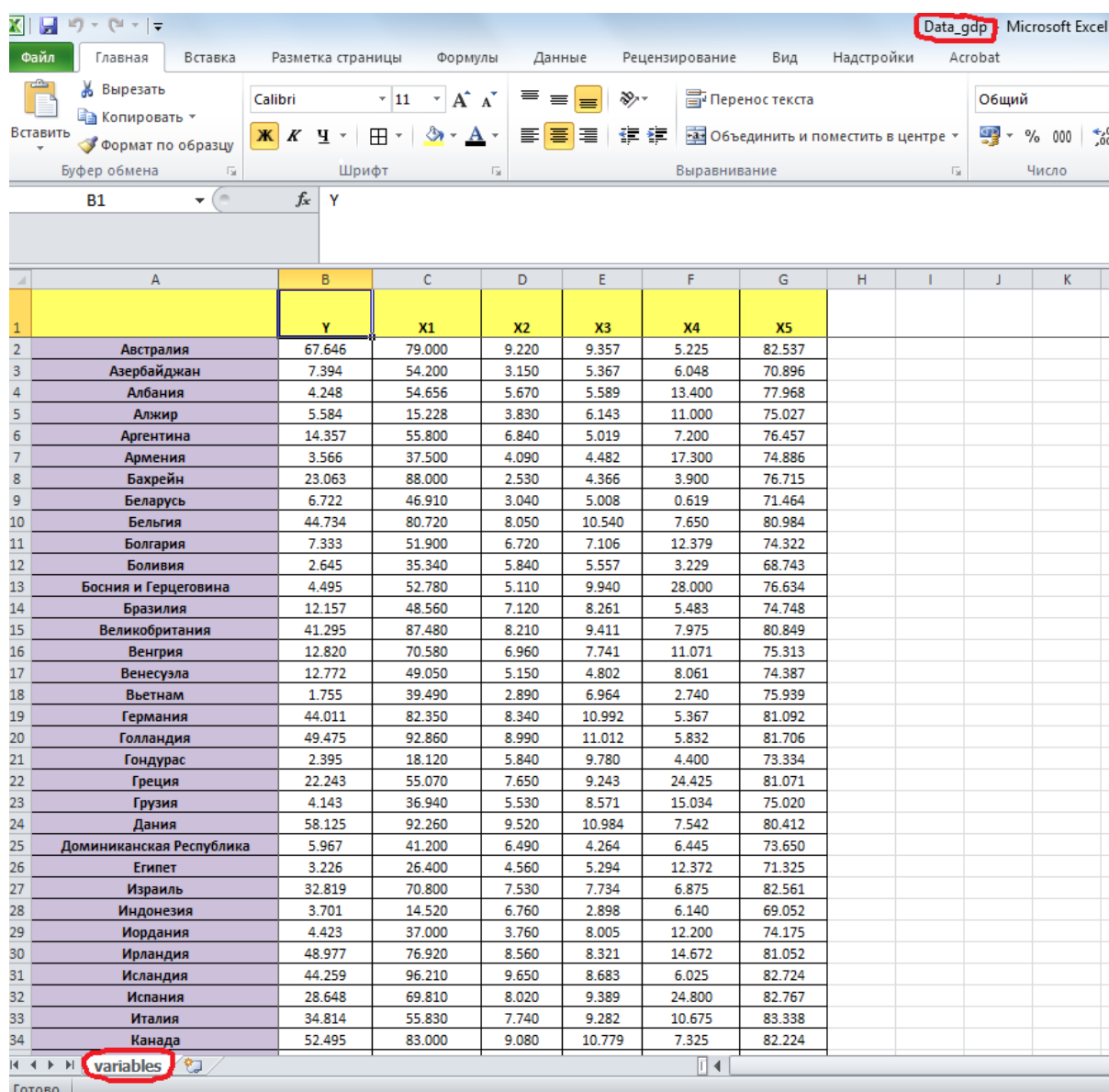
Text – matnli ma'lumot;

Var – dispersiya;

Vector – vektor.

15.5. Dasturga ma'lumotlarni import qilish

Ma'lumotlarni kiritishning eng oddiy usuli Excel dasturidan ma'lumotlarni yuklash hisoblanadi. Buning uchun ma'lumotlarni to'plash zarur. Misol tariqasida quyidagi 15.9-rasm xizmat qiladi.



The screenshot shows the Microsoft Excel interface with a data table. The table has columns labeled A through K and rows numbered 1 through 34. The data is as follows:

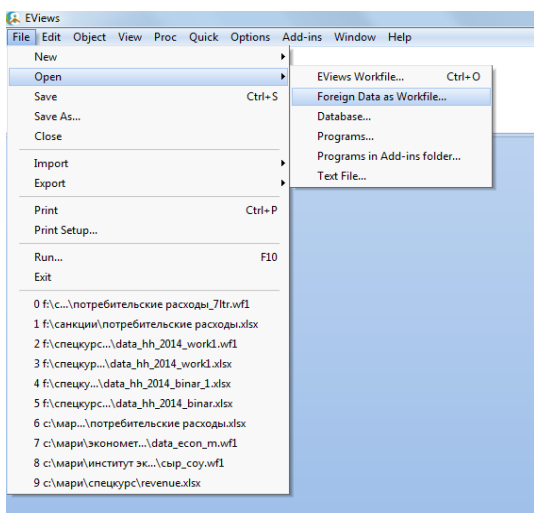
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1		Y	X1	X2	X3	X4	X5				
2	Австралия	67.646	79.000	9.220	9.357	5.225	82.537				
3	Азербайджан	7.394	54.200	3.150	5.367	6.048	70.896				
4	Албания	4.248	54.656	5.670	5.589	13.400	77.968				
5	Алжир	5.584	15.228	3.830	6.143	11.000	75.027				
6	Аргентина	14.357	55.800	6.840	5.019	7.200	76.457				
7	Армения	3.566	37.500	4.090	4.482	17.300	74.886				
8	Бахрейн	23.063	88.000	2.530	4.366	3.900	76.715				
9	Беларусь	6.722	46.910	3.040	5.008	0.619	71.464				
10	Бельгия	44.734	80.720	8.050	10.540	7.650	80.984				
11	Болгария	7.333	51.900	6.720	7.106	12.379	74.322				
12	Боливия	2.645	35.340	5.840	5.557	3.229	68.743				
13	Босния и Герцеговина	4.495	52.780	5.110	9.940	28.000	76.634				
14	Бразилия	12.157	48.560	7.120	8.261	5.483	74.748				
15	Великобритания	41.295	87.480	8.210	9.411	7.975	80.849				
16	Венгрия	12.820	70.580	6.960	7.741	11.071	75.313				
17	Венесуэла	12.772	49.050	5.150	4.802	8.061	74.387				
18	Вьетнам	1.755	39.490	2.890	6.964	2.740	75.939				
19	Германия	44.011	82.350	8.340	10.992	5.367	81.092				
20	Голландия	49.475	92.860	8.990	11.012	5.832	81.706				
21	Гондурас	2.395	18.120	5.840	9.780	4.400	73.334				
22	Греция	22.243	55.070	7.650	9.243	24.425	81.071				
23	Грузия	4.143	36.940	5.530	8.571	15.034	75.020				
24	Дания	58.125	92.260	9.520	10.984	7.542	80.412				
25	Доминиканская Республика	5.967	41.200	6.490	4.264	6.445	73.650				
26	Египет	3.226	26.400	4.560	5.294	12.372	71.325				
27	Израиль	32.819	70.800	7.530	7.734	6.875	82.561				
28	Индонезия	3.701	14.520	6.760	2.898	6.140	69.052				
29	Иордания	4.423	37.000	3.760	8.005	12.200	74.175				
30	Ирландия	48.977	76.920	8.560	8.321	14.672	81.052				
31	Исландия	44.259	96.210	9.650	8.683	6.025	82.724				
32	Испания	28.648	69.810	8.020	9.389	24.800	82.767				
33	Италия	34.814	55.830	7.740	9.282	10.675	83.338				
34	Канада	52.495	83.000	9.080	10.779	7.325	82.224				

15.9-rasm. Excel dasturida ma'lumotlar

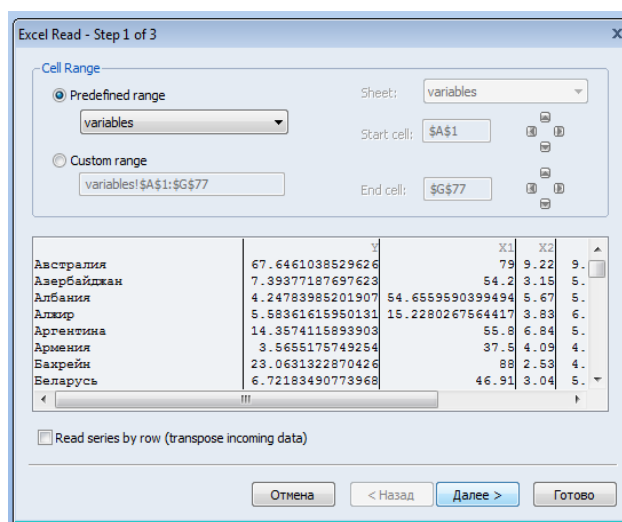
Shuni yodda saqlash kerakki, ma'lumotlarning butun va kasr qismi nuqta orqali ajratilishi, Excel kitobidagi varaqlar nomi esa lotin harflarida yozilishi kerak. Excelda tayyorlangan faylning kengaytirmasi .xls yoki .xlsx formatida saqlanishi va faylning nomi lotin harflarida bo'lishi lozim. Bizning misolimizda faylning nomi **data_gdp.xlsx** deb nomlanadi.

Excel formatida saqlangan ma'lumotlarni EViews dasturiga import qilish quyidagicha amalga oshiriladi.

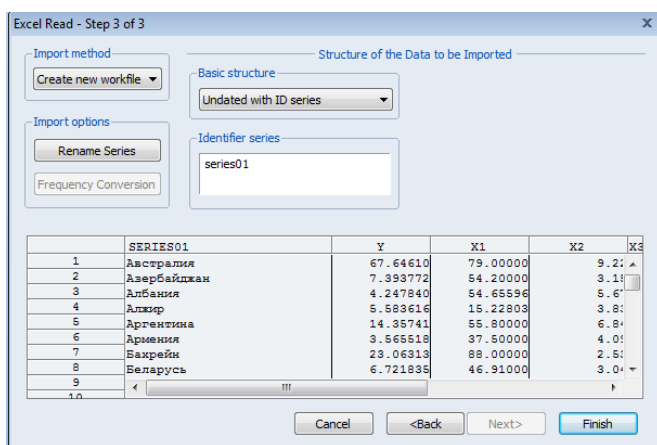
EViews 9.0 dasturini ishga tushiramiz. Keyin **File**→**Open**→**Foreign Data as Workfile** buyrug'i orqali fayl import qilinadi. Ochilgan oynada«Dalee» knopkasi bosilsa, 15.10-15.13-raslarda keltirilgan ma'lumotlarning joylashuvi paydo bo'ladi.



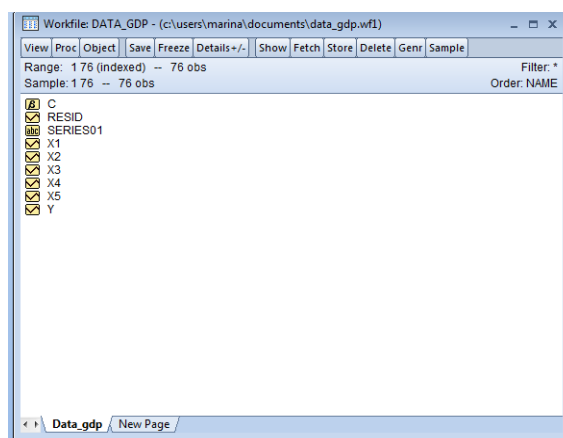
15.10-rasm




15.11-rasm



15.12-rasm



15.13-rasm

15.12-rasmda keltirilgan Finish knopkasi bosilib, DATA_GDP ishchi faylining oynasiga o'tiladi. EViews dasturining ishchi faylida har bir ob'ekt o'zining formatiga ega bo'lib, mos keluvchi ikonka (rasm) bilan belgilanadi. Muvaffaqiyatli ekonometrik hisob-kitoblarni o'tkazish uchun foydalaniladigan ma'lumotlar  ko'rinishidagi belgi bilan aks etishi lozim. Bu belgi ma'lumotlarning raqamli qatorlarga o'zgarganligini bildiradi.

15.6. EViews dasturida ko'plikdagi regressiyaning klassik chiziqli modeli (KRKChM)

Modeldagi o'zgaruvchilar:

Bog'liq o'zgaruvchi yoki endogen, tushuntiriladigan, natijaviy, regressand:

Y – aholi jon boshiga YaIM, joriy narxlarda, (ming AQSh dollari)

Tushuntiruvchi o'zgaruvchilar yoki bog'liq bo'lmagan, erkli, ekzogen, omillar:

X_1 – internetdan foydalanuvchilar soni (100 kishiga internetdan foydalanuvchilar soni);

X_2 – demokratiyaning rivojlanish indeksi (0 dan 10 gacha ballar);

X_3 – sog'liqni saqlashga umumiy xarajatlar (YaIMdan foiz);

X_4 – ishsizlik darajasi (%);

X_5 – kutilayotgan umr ko'rish davomiyligi (yil).

Ko'plikdagi regressiya modelining nazariy ko'rinishi:

$$Y_i = \Theta_0 + \Theta_1 X_i^{(1)} + \Theta_2 X_i^{(2)} + \Theta_3 X_i^{(3)} + \Theta_4 X_i^{(4)} + \Theta_5 X_i^{(5)}.$$

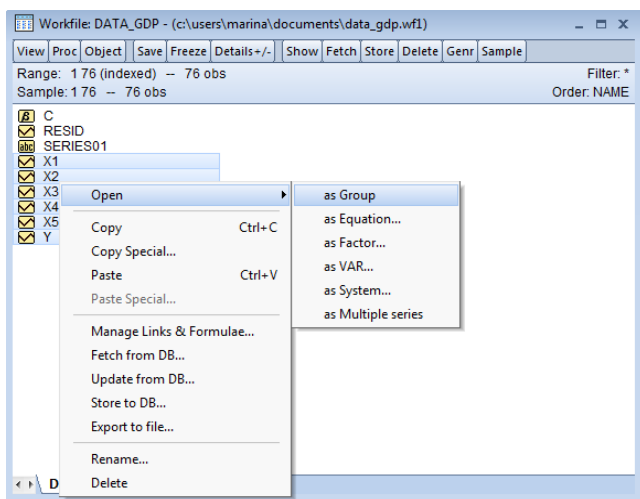
Bu yerda:

i – kuzatuvlar soni (bizning misoldai = 76, ya'ni mamlakatlar soni);

k – bog'liq bo'lmagan o'zgaruvchilar soni (bizning misolimizda $k = 5$).

15.7. Tavsifiy statistikalari tahlili

Klaviaturadan **ctrl** knopkasini bosib, barcha o'zgaruvchilarni belgilaymiz. Sichqonchani o'ng knopkasini bosib, **Open**→**as Group** buyrug'ini tanlaymiz (15.14-rasm). Ushbu buyruq bajarilgandan so'ng 76 ta mamlakat bo'yicha 21 ta makroiqtisodiy indikatorlarning qiymatlari yangi oynada ifodalanadi (15.15-rasm).



15.14-rasm.

	Y	X1	X2	X3	X4
Австралия	67.64610	82.537	9.357385	5.225	
Азербайджан	7.393772	70.896	5.368898	6.048	
Албания	4.247840	77.968	5.589173	13.400	
Алжир	5.583616	75.027	6.143113	11.000	
Аргентина	14.35741	76.457	5.019048	7.200	
Армения	3.565518	74.886	4.482158	17.300	
Бахрейн	23.06313	76.715	4.368912	3.900	
Беларусь	6.721835	71.464	5.008224	0.619	
Бельгия	44.73445	80.984	10.53975	7.650	
Болгария	7.333355	74.322	7.105698	12.379	
Боливия	2.645290	68.743	5.556991	3.229	
Босния и Герц...	4.494641	76.634	9.939755	28.000	
Бразилия	12.15731	74.748	8.260899	5.483	
Великобритания	41.29451	80.849	9.410833	7.975	
Венгрия	12.81971	75.313	7.740658	11.071	
Венесуэла	12.77160	74.387	4.801605	8.061	
Вьетнам	1.754548	75.939	6.963581	2.740	
Германия	44.01093	81.092	10.99192	5.367	
Голландия	49.47471	81.706	11.01235	5.832	
Гондурас	2.395073	73.334	9.779851	4.400	
Греция	22.24268	81.071	9.242545	24.425	
Грузия	4.142869	75.020	8.570852	15.034	
Дания	58.12536	80.412	10.98382	7.542	

15.15-rasm.

O'zgaruvchilarning yaratilgan guruhini EViews dasturining ishchi sohasida saqlash uchun guruh oynasidagi **Name** menyusi tanlanadi (15.15-rasm). Keyin ushbu oynadan **View**→**Descriptive stats**→**Common sample** buyrug'ini tanlaymiz. Natijada ochilgan oynada tanlangan o'zgaruvchilarning barcha tavsifiy statistikalari natijalari keltiriladi (15.1-jadval).

15.1-jadval

O'zgaruvchilarning tavsifiy statistikalari

	Y	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅
Mean	20,32182	76.67738	7,623723	8,879711	6,731842	56,27636
Median	12,46445	76,26500	7,508707	7,262500	6,915000	55,24302
Maximum	101,5637	83,68400	17,01736	31,00000	9,930000	96,20980
Minimum	1,177975	57,65800	2,759727	0,619000	2,530000	9,960000
Std. Dev.	21,35058	4,780122	2,562917	6,025692	1,801430	22,91702
Skewness	1,524117	-0,867956	0,541997	1,725770	-0,499173	-0,098415
Kurtosis	5,049350	4,774968	3,867243	6,143077	2,605965	2,062885

Jarque-Bera	42,72331	19,51903	6,102651	69,00817	3,647871	2,903603
Probability	0,000000	0,000058	0,047296	0,000000	0,161389	0,234148
Sum	1544,458	5827,481	579,4030	674,8580	511,6200	4277,004
SumSq. Dev.	34188,55	1713,717	492,6409	2723,172	243,3863	39389,23
Observations	76	76	76	76	76	76

Olingan natijalarni iqtisodiy talqin qilishga kirishishdan avval, ushbu jadvaldagi har bir qator nimani ifoda etishini ko‘rib chiqish kerak. Natijalardagi Y – aholi jon boshiga YaIM, ming. AQSh dollarida.

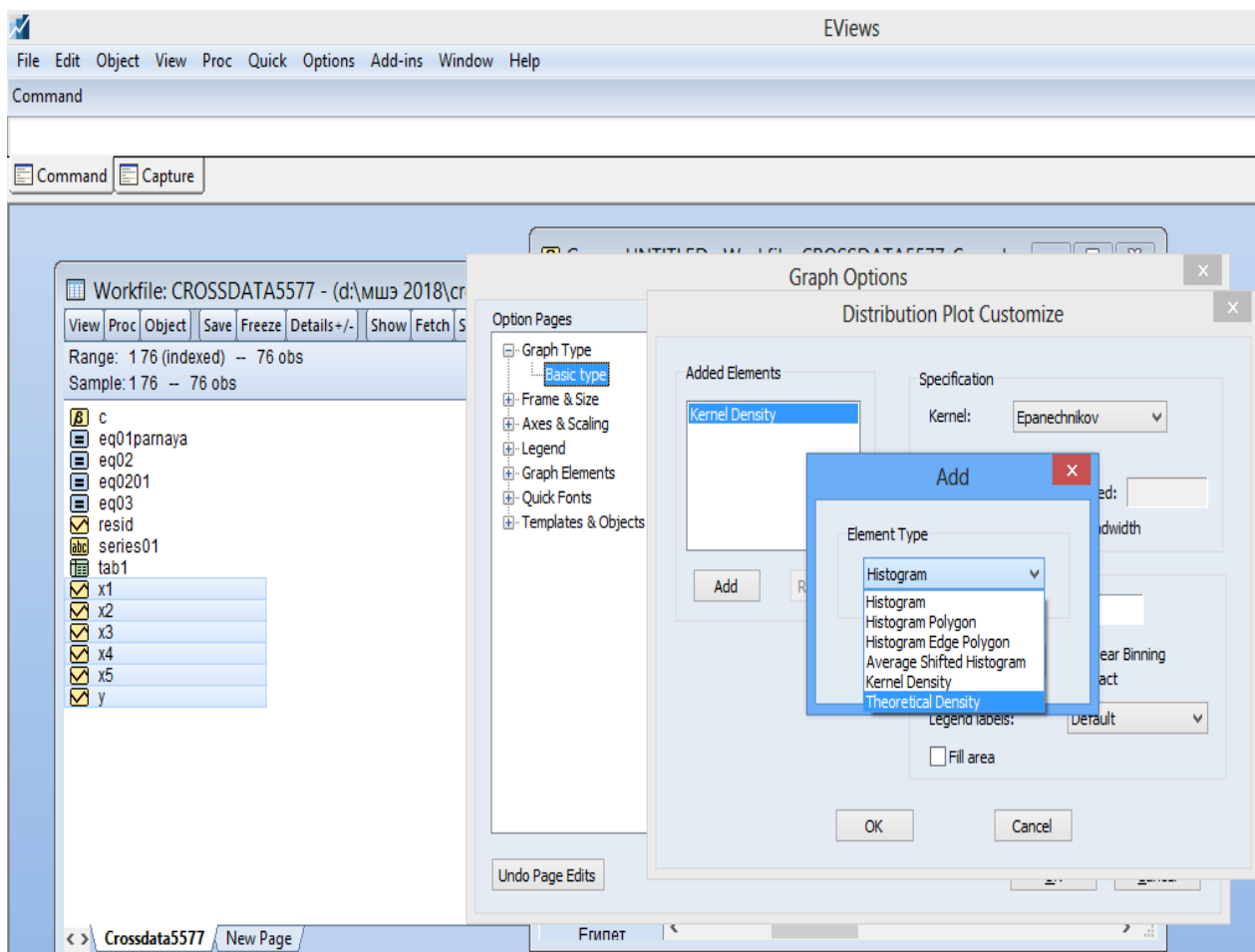
15.1-jadvaldagi ko‘rsatkichlar quyidagicha tavsiflanadi (misolimiz bo‘yicha faqat natijaviy ko‘rsatkich Y ko‘rib chiqayapmiz) (15.2-jadval).

15.2-jadval

Tavsifiy statistika jadvali ko‘rsatkichlari mazmuni

Ko‘rsatkich	O‘zgaruvchi, Y	Mazmuni
Mean	20,32182	Belgining o‘rtacha qiymati
Median	12,46445	Belgining mediana qiymati
Maximum	101,5637	Belgining maksimal qiymati
Minimum	1,177975	Belgining minimal qiymati
Std. Dev.	21,35058	Belgining standart chetlanishi
Skewness	1,524117	Asimmetriya koeffitsienti (0 bo‘lganda normal taqsimot, bu taqsimotning simmetrikligini bildiradi). Agar bu koeffitsient 0 dan ancha farq qilsa, u holda taqsimot asimmetrik hisoblanadi (ya’ni, simmetrik emas). Agar asimmetriya koeffitsienti 0 dan katta bo‘lsa, u holda taqsimot o‘ng tomonga surilgan bo‘ladi, 0 dan kichik bo‘lsa, u holda taqsimot chap tomonga surilgan bo‘ladi.
Kurtosis	5,049350	Ekstsess koeffitsienti (normal taqsimotda u 3 ga teng) taqsimot cho‘qqisining o‘tkirligini o‘lchaydi. Agar ekstsess koeffitsienti 0 dan katta bo‘lsa, u holda taqsimot o‘tkir cho‘qqili bo‘ladi, 0 dan kichik bo‘lsa, tekis bo‘ladi (tekis cho‘qqi).
Jarque-Bera	42,72331	Jak-Bera statistikasi normal taqsimotni aniqlaydi (ya’ni, tanlama normal taqsimlanganligi to‘g‘risidagi gipotezani tekshirish uchun foydalaniladi).
Probability	0,000000	Tanlamaning normal taqsimlanganligi to‘g‘risidagi

		gipotezani rad etib xato qilish ehtimolini bildiradi (ushbu holda xato qilish ehtimoli 0,0000 ga teng, bu esa kritik daraja 0,05 dan ancha kichik). Xulosa qilsak: agar tanlama normal taqsimlanganligi to'g'risidagi 0-gipotezani rad etsak xato qilmagan bo'lamiz. Tahlil qilinayotgan belgi (o'zgaruvchi) qiymatining taqsimoti normal taqsimot qonuniga bo'ysunmaydi.
Sum	1544,458	Barcha kuzatuvlar qiymatlari yig'indisi
SumSq. Dev.	34188,55	O'rtacha qiymatdan qator darajalarining chetlanish kvadratlari yig'indisi
Observations	76	Kuzatuvlar soni



15.16-rasm. Zichlik funksiyasi grafigini tanlash

EViews dasturida tavsifiy statistikadagi har bir o'zgaruvchining zichlik funksiyasi taqsimoti grafigi quyidagicha aniqlanadi.

Graph→Categorical graph→Distribution.

Distribution menyusidan zichlik funktsiyasi grafigini tanlaymiz: **Kernel Density** va keyin **Options** oynasida **Options/Add/Theoretical Density** qatorini tanlab OK knopkasini bosamiz (15.16-rasm).

Shunday qilib, biz bir vaqtda tanlangan o'zgaruvchining zichlik funktsiyasi grafigi va normal taqsimot zichlik funktsiyasining grafigini olamiz (15.17-rasm).

EViews dasturida tanlangan o'zgaruvchilarning jadval qiymatlarini aks ettirish uchun **View** menyusidan **Spreadsheet** qatorini tanlash lozim, ya'ni:

View→Spreadsheet.

Tavsifiy statistikani tahlil qilish – regression modelni tuzishning eng muhim bosqichi hisoblanadi.

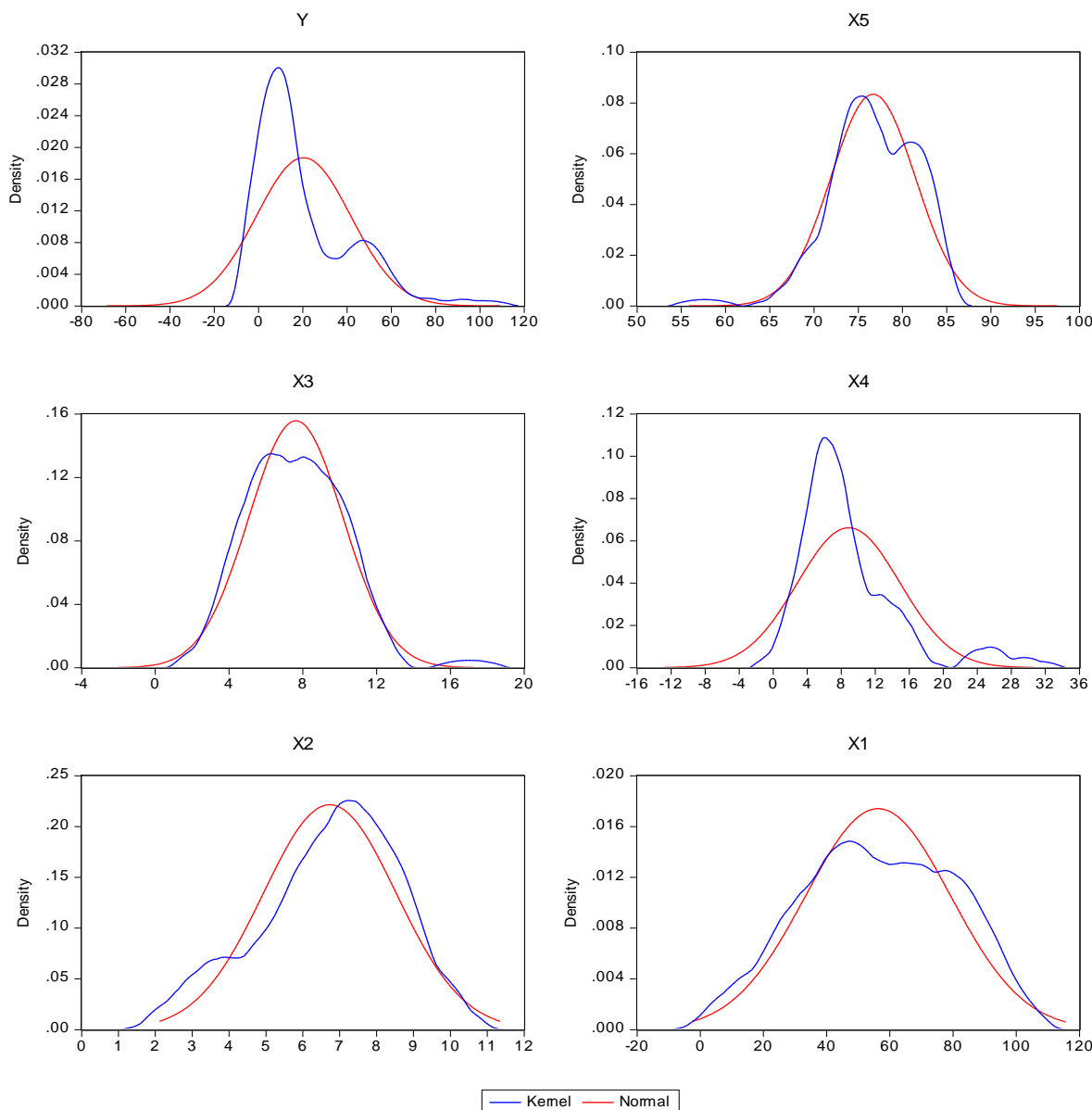
O'rtacha qiymat va mediana qiymatini taqqoslash taqsimot xarakteri to'g'risida birinchi xulosani chiqarishga imkon beradi. Agar $\bar{x} > Me$ bo'lsa, u holda grafikning o'ng tomonga surilganligini, agar $\bar{x} < Me$ bo'lsa, u holda grafikning chap tomonga surilganligini kuzatish mumkin. Asimmetriya ko'rsatkichlari esa qilingan farazlarni tasdiqlashi mumkin.

Taqsimot grafiklarining vizual tahlili va keyinchalik Jak-Bera testi yordamida taqsimotning normal taqsimotga bo'ysunishini tekshirish iqtisodiy ko'rsatkichlarning qaysi qiymatlari normal taqsimot qonuniga bo'ysunishi haqida xulosa qilishga imkon beradi.

15.8. Korrelyatsion tahlil

Juft korrelyatsiya – bu o'zgaruvchilar o'rtasida korrelyatsion bog'liqliklarni o'rganishdir. Ikkita o'zgaruvchi o'rtasida bog'liqlik qanday paydo bo'lishini tekshirish uchun korrelyatsiya maydoni grafigini tuzish kerak.

Korrelyatsiya maydoni – bu nuqtalar maydoni bo'lib, undagi har bir nuqta to'plam birligiga mos keladi, mazkur nuqtaning koordinatalari esa X va Y o'zgaruvchilarining mos keluvchi qiymatlari bilan aniqlanadi.

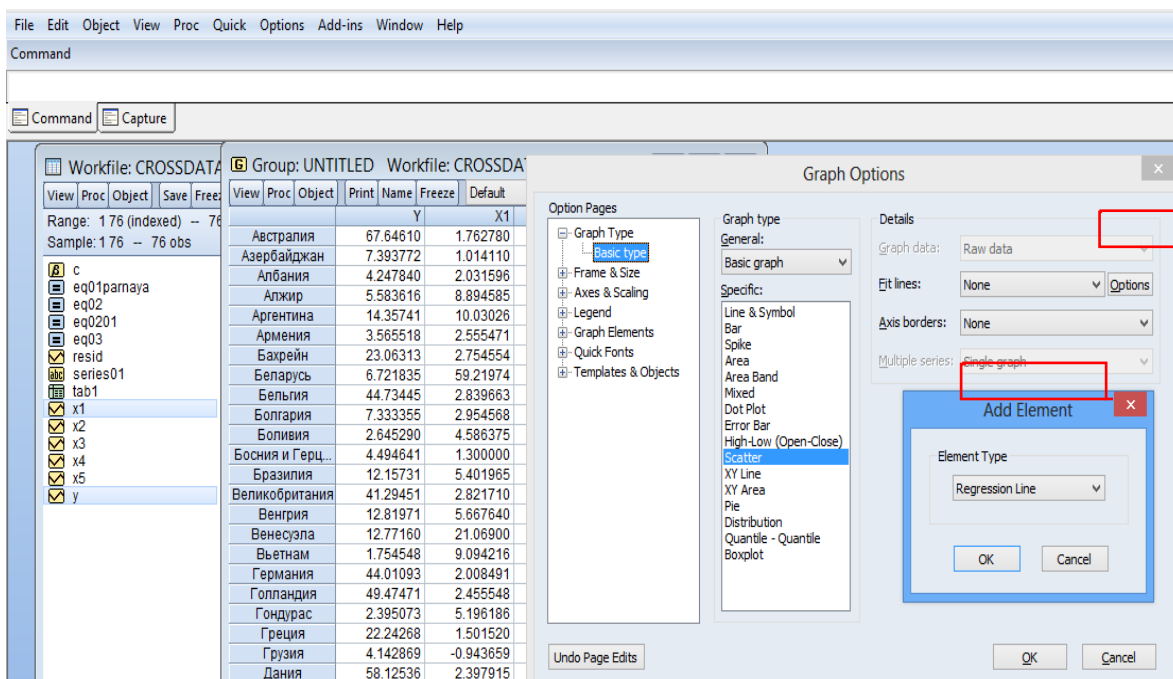


15.17-rasm. Taqsimotning nazariy va empirik grafiklari

Korrelyatsiya maydonida nuqtalarning joylashishi xarakteri bo'yicha bog'liqlikning mavjudligi yoki mavjud emasligi, bog'liqlikning xarakteri (to'g'ri chiziqli yoki egri chiziqli), to'g'ri va teskari bog'liqlik haqida xulosa qilish mumkin.

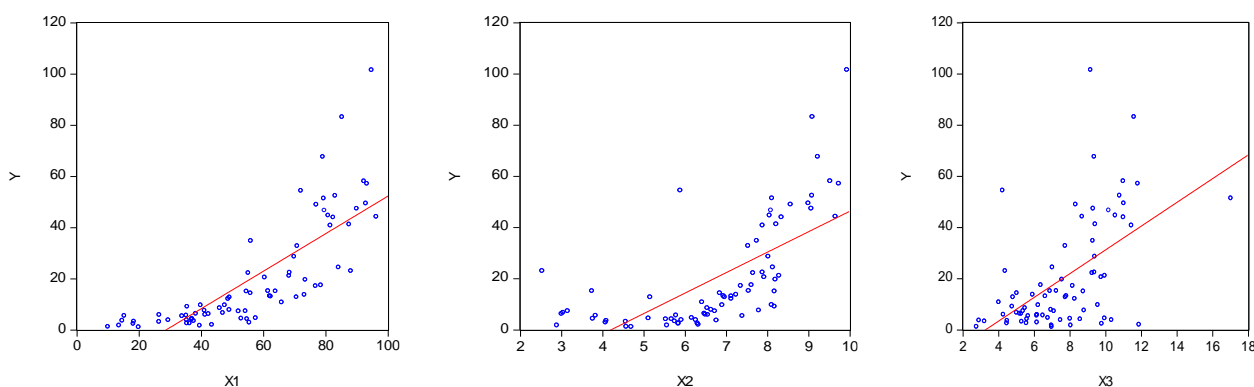
Eviews dasturida o'zgaruvchilar o'rtasida korrelyatsion bog'liqlikni aniqlash quyidagicha amalga oshiriladi. Bog'liqlik aniqlanishi zarur bo'lgan ikkita o'zgaruvchilar bo'yicha guruh yaratiladi (yuqorida ko'rsatilgani kabi), masalan, Y va X_1 bo'yicha (**Str1** knopkasini bosib o'zgaruvchilarni tanlaymiz va sichqonchanning o'ng knopkasini bosib menyuni ochamiz hamda **Open**→**as Group** qatorini tanlaymiz).

Ochilgan oynadan **View**→**Graph**→**Scatter**→**Fit Line**→**Regression Line** ni tanlaymiz va OK knopkasini bosamiz (15.18-rasm).



15.18-rasm. O'zgaruvchilar o'rtasida korrelyatsion bog'liqlikni aniqlash

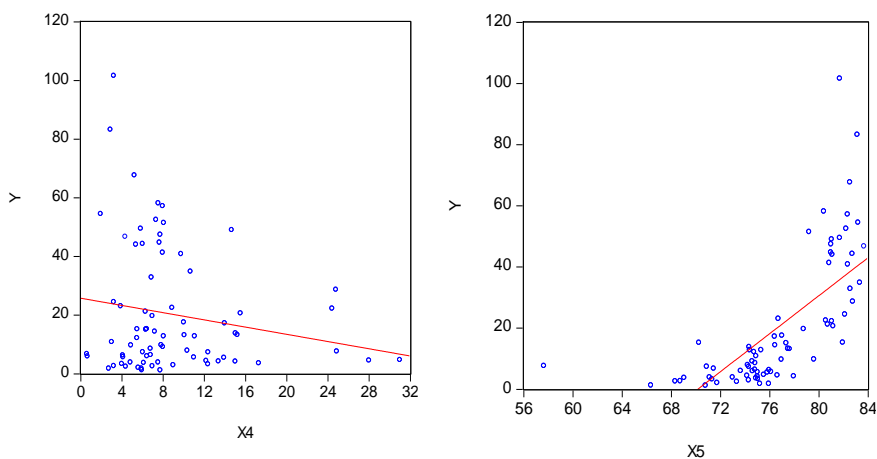
Buning natijasida korrelyatsiya maydoni va regressiya chizig'iga ega bo'lamiz. Shu narsa muhimki, ordinatalar o'qida bog'liq o'zgaruvchi Y ning qiymatlari, abstsissalar o'qida esa X_1 , X_2 , X_3 , X_4 , X_5 bog'liq bo'lmagan o'zgaruvchilarning qiymatlari joylashishi lozim. Natijalar quyidagi 15.19-rasmda keltirilgan.



Y va X_1 o'rtasida to'g'ri aloqa mavjud (zich aloqa mavjud, chunki nuqtalar regressiya chizig'iga yaqin joylashgan)

Y va X_2 o'rtasida to'g'ri aloqa mavjud (zich aloqa mavjud)

Y va X_3 o'rtasida to'g'ri aloqa mavjud (zich aloqa mavjud)



Y va X₄ o'rtasida teskari aloqa mavjud (kuchsiz aloqa)

Y va X₅ o'rtasida to'g'ri aloqa mavjud (zich aloqa mavjud)

15.19-rasm. Korrelyatsiya maydoni

Bog'liqlik zichligi darajasini tushunish uchun natijaviy o'zgaruvchi Y va bog'liq bo'lmagan o'zgaruvchilar (X_i) o'rtasida chiziqli korrelyatsiya koeffitsientlari hisoblanadi. U quyidagi formula orqali amalga oshiriladi:

$$\rho = \text{corr}(X, Y) = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} = \frac{\overline{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\sigma_x \cdot \sigma_y}$$

Juft korrelyatsiya koeffitsienti -1 va 1 oralig'ida o'zgaradi. Hisoblangan korrelyatsiya koeffitsientlarini talqin qilish uchun Cheddok jadvalidan foydalaniladi (15.3-jadval).

15.3-jadval

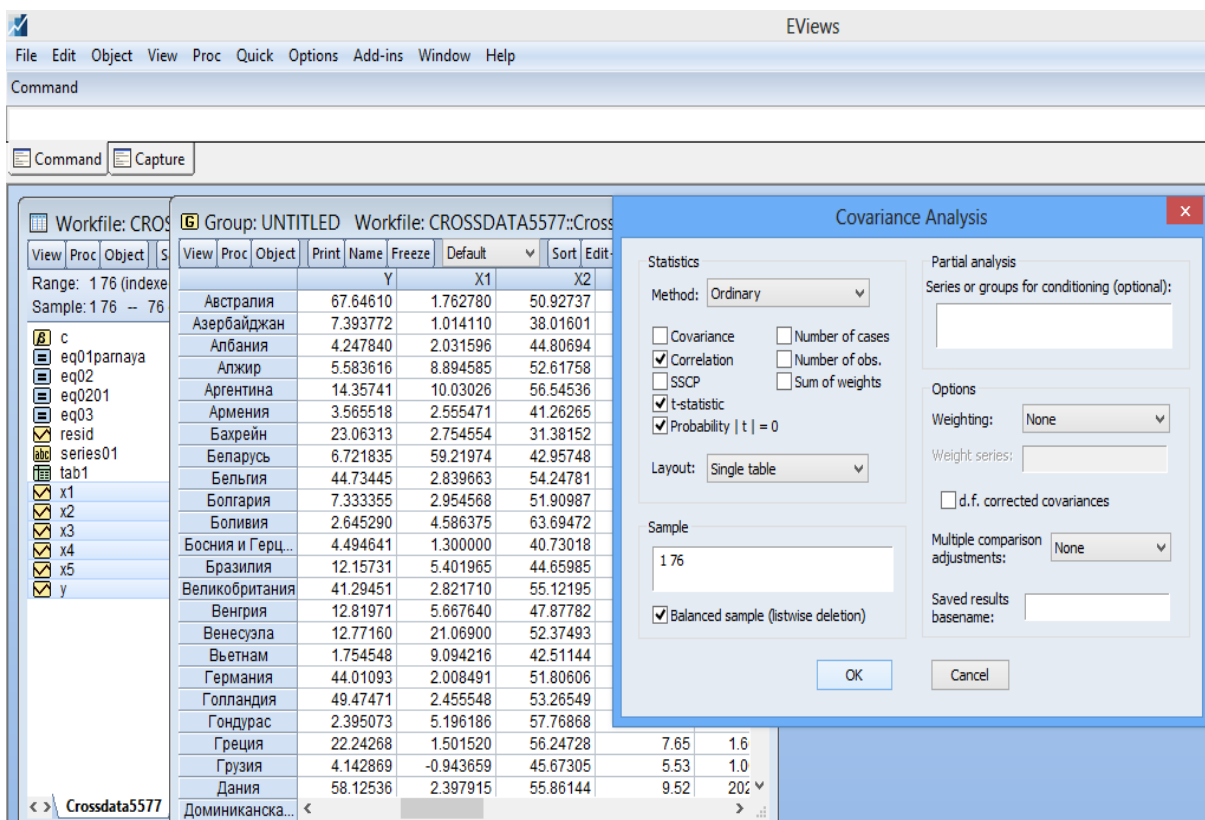
Juft korrelyatsiya koeffitsientlari qiymatlari tahlili

-0,99	-0,7	-0,6	0	0,6	0,7	0,99
teskari bog'liqlik		Kuchsiz bog'liqlik			Zich to'g'ri bog'liqlik	

Eviews dasturida juft korrelyatsiya koeffitsientlari matritsasini tuzishni ko'rib chiqamiz. Buning uchun quyidagi menyudan foydalanish kerak:

View – Sovarianceanalysis – Sorrelation

Menyudagi buyruqlarni tanlash 15.20-rasmda keltirilgan.



15.20-rasm. Juft korrelyatsiya koeffitsientlarini hisoblash buyruqlarini tanlash

Barcha parametrlar oʻrnatilgandan soʻng OK knopkasi bosilsa, regressiya modeliga kiritilgan oʻzgaruvchilar oʻrtasida quyidagi koʻrinishdagi korrelyatsion matritsa paydo boʻladi (15.4-jadval).

15.4-jadval

Oʻzgaruvchilar oʻrtasidagi korrelyatsion matritsa

Covariance Analysis: Ordinary	
Date: 08/23/18 Time: 01:24	
Sample: 1 76	
Included observations: 76	

Correlation						
t-Statistic						
Probability	Y	X5	X3	X4	X2	X1
Y	1.000000					

X5	0.695191	1.000000				
t-Statistic	8.319494	-----				

Probability	0.0000	-----				
X3	0.556808	0.482738	1.000000			
t-Statistic	5.766443	4.741758	-----			
Probability	0.0000	0.0000	-----			
X4	-0.173766	-0.077279	0.117547	1.000000		
t-Statistic	-1.517886	-0.666771	1.018240	-----		
Probability	0.1333	0.5070	0.3119	-----		
X2	0.674477	0.568889	0.564900	0.040088	1.000000	
t-Statistic	7.858728	5.950482	5.889109	0.345124	-----	
Probability	0.0000	0.0000	0.0000	0.7310	-----	
X1	0.786734	0.695302	0.507837	-0.009704	0.601460	1.000000
t-Statistic	10.96359	8.322061	5.071180	-0.083485	6.476317	-----
Probability	0.0000	0.0000	0.0000	0.9337	0.0000	-----

Korrelyatsion matritsada o'zgaruvchilar (Y va X_i) o'rtasidagi juft korrelyatsiya koeffitsientlarining to'plami aks ettiriladi (bundan tashqari tahlilning to'liqligini ta'minlash maqsadida foydalanuvchi xususiy va juft korrelyatsiya koeffitsientlari bo'yicha ularning hisoblangan t-statistika va ehtimolligining qiymatlarini berishi mumkin).

Yuqorida ko'rib chiqilayotgan misolimiz bo'yicha korrelyatsion matritsa tahlili shuni ko'rsatadiki, xususiy korrelyatsiya koeffitsientlari orasida eng yuqori zich bog'liqlik Y (aholi jon boshiga to'g'ri keladigan YaIM) va X_1 (internetdan foydalanuvchilar soni) o'zgaruvchilari o'rtasida kuzatilmoqda, ular o'rtasidagi korrelyatsiya koeffitsienti 0,78 ga teng. Bu holat ushbu o'zgaruvchilar o'rtasida zich to'g'ri bog'liqlikning mavjudligini ko'rsatadi (internetdan foydalanuvchilar sonining ortib borishi aholi jon boshiga YaIMning o'sib borishini bildiradi). Bundan tashqari to'g'ri bog'liqlik Y (aholi jon boshiga to'g'ri keladigan YaIM) va X_2 (demokratiyaning rivojlanish indeksi), Y (aholi jon boshiga to'g'ri keladigan YaIM) va X_3 (sog'liqni saqlashga ajratilgan umumiy xarajatlar), Y (aholi jon boshiga to'g'ri keladigan YaIM) va X_5 (o'rtacha umr ko'rish davomiyligi) o'zgaruvchilari o'rtasida kuzatilmoqda. Y (aholi jon boshiga to'g'ri keladigan YaIM) o'zgaruvchiga X_5 (ishsizlik darajasi) o'zgaruvchisi teskari ta'sir

ko'rsatmoqda. Bu esa mantiqan to'g'ri bo'lib, ishsizlikning kamayishi o'z navbatida YaIMning o'sishiga olib keladi.

Biroq, korrelyatsiya koeffitsienti qiymati tadqiq qilinayotgan o'zgaruvchilar o'rtasida sabab-oqibat bog'lanishlarining mavjudligini isbotlab bera olmaydi hamda o'z navbatida omillar o'zgarishidagi o'zaro kelishuv darajasini namoyon qiladi.

Shuni qayd qilish kerakki, ba'zi hollarda korrelyatsiya koeffitsientining 0 dan farqlanishi tanlama ma'lumotlaridagi tasodifiy tebranishlarga asoslangan bo'ladi. Shu munosabat bilan tanlama to'plam natijalari bo'yicha xulosani bosh to'plamga tarqatishga imkon beruvchi chiziqli korrelyatsiya koeffitsientining ahamiyatligini baholash zarurati paydo bo'ladi.

Quyidagi statistik gipoteza tekshiriladi:

$$H_0: \rho = 0.$$

Ikki tomonlama alternativaga qarshi:

$$H_1: \rho \neq 0.$$

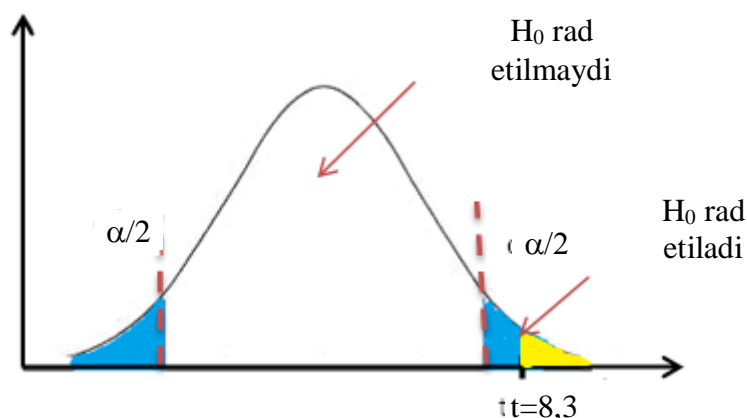
Ya'ni, bosh to'plamda tahlil qilinayotgan Y va X_1 omillar bir-biri bilan korrelyatsion bog'liqlik mavjud emas degan statistik gipotezani tekshirish amalga oshirilmoqda. Nolinchi gipotezaning mavjudligida t -statistika ozodlik darajalari $n-2$ teng Styudent taqsimotiga ega bo'ladi:

$$t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} \sim t_{n-2}$$

Bundan kelib chiqqan holda α ning berilgan muhimlik darajasida $|t| > t_{\text{kp}}$ bo'lganda H_0 gipoteza rad etilib, alternativ gipoteza qabul qilinadi.

Bizning holatda korrelyatsion matritsada Probability berilgan, boshqa amaliy dasturlar paketlarida p-value, yoki P-znachenie— bu nolinchi gipotezaning bajarilishi ehtimolidir. Yuqorida keltirilgan misolda nolinchi gipoteza — bu Y va X_5 omillar o'rtasida aloqa mavjud emas deb qabul qilamiz. Chunki unda Probability = 0,0000 ga teng va avvaldan o'rnatilgan kritik qiymat $\alpha = 0,05$ dan kichik, bundan

kelib chiqib, nolinni gipoteza rad etiladi. Yuqoridagi misolimizda Y va X_5 omillar o'rtasida aloqa statistik ahamiyatga ega hisoblanadi (15.21-rasm).



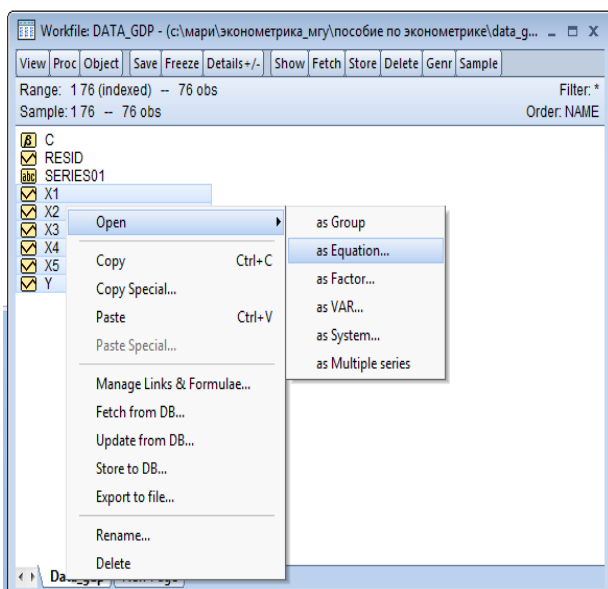
15.21-rasm. Nolinni gipotezani bajarilishini tekshirish

$S(\square)$ = Probabilit $y=0,000$ (X_5 uchun), yoki p-value. Probability ning qiymati egri chiziq tagidagi maydon bo'lib, t-statistika kuzatiladigan qiymatining o'ng tomonida joylashgan. Agar Probabilit $y < \alpha$ bo'lsa, u holda H_0 gipoteza rad etiladi.

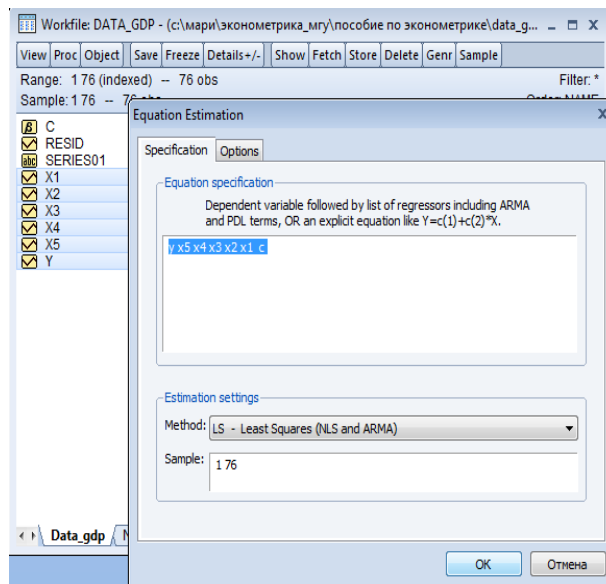
15.9. Ko'plikdagi regressiya modelini tuzish

EViews dasturida ko'plikdagi regressiya modelini tuzish uchun ma'lumotlar oynasida joylashgan omillarni tanlash lozim. **Ctrl** knopkasini bosgan holda avvalo natijaviy omil Y va ketma-ket X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 omillarni belgilaymiz. Keyin sichqonchaning o'ng knopkasini bosib **Open** → **as Equation** buyrug'ini tanlaymiz (15.22-rasm).

Equation estimation oynasida natijaviy omil Y va ta'sir etuvchi X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 omillar hamda ozod had S keltiriladi (bu yerda albatta birinchi bo'lib natijaviy omil Y turishi shart, ta'sir etuvchi omillarning qaysi tartibda joylashishi muhim emas, ularni istalgan tartibda joylashtirish mumkin) (15.23-rasm).



15.22-rasm. Regressiya modeli uchun tenglamani tanlash



15.23-rasm. Regressiya modeli uchun o'zgaruvchilar va ozod hadni joylashtirish

15.23-rasmda keltirilgan tenglama bo'yicha ko'plikdagi regressiya modelini tuzish uchun OK knopkasi bosiladi (ko'plikdagi regressiya modelini tuzishda "eng kichik kvadratlar usuli" dan foydalaniladi (LS – Least Squares)). Natija quyidagi 15.5-jadvalda keltirilgan.

15.5-jadval

EViews dasturida regression tahlil natijalari

Dependent Variable: Y				
Method: Least Squares				
Date: 01/25/18 Time: 18:26				
Sample: 1 76				
Included observations: 76				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
X5	0.714090	0.398281	1.792932	0.0773
X4	-0.644238	0.219685	-2.932551	0.0045
X3	1.091209	0.646712	1.687317	0.0960
X2	2.814424	0.994962	2.828675	0.0061
X1	0.432715	0.085110	5.084161	0.0000
C	-80.32901	26.87854	-2.988593	0.0039
R-squared	0.741245	Meandependentvar.		20.32182
Adjusted R-squared	0.722763	S.D. dependentvar.		21.35058
S.E. of regression	11.24179	Akaikeinfocriterion		7.752809
Sumsquaredresid.	8846.445	Schwarzcriterion		7.936815
Loglikelihood	-288.6068	Hannan-Quinncrier.		7.826347
F-statistic	40.10532	Durbin-Watsonstat.		1.827987
Prob(F-statistic)	0.000000			

Ushbu jadvalda keltirilgan hisob-kitoblar bo'yicha ko'plikdagi regressiya modelini ko'rinishini yozamiz.

$$Y = -80.33 + 0.43 \cdot X_1 + 2.81 \cdot X_2 + 1.09 \cdot X_3 - 0.64 \cdot X_4 + 0.71 \cdot X_5$$

Jadvalda keltirilgan ko'rsatkichlarning mazmunini keltirib o'tamiz.

Dependent Variable: Y – Bog'liq o'zgaruvchi: Y.

Method: Least Squares – Metod: eng kichik kvadratlar.

Date: 01/25/18 Time: 18:26 – Sana:01/25/18 Vaqt: 18:26.

Sample: 1 76 – Qator: 1 76.

Included observations: 76 – Kiritilgan o'zgaruvchilar: 76.

Variable – O'zgaruvchi.

Coefficient – Model koeffitsientlarining topilgan baholari.

Std.Error – Model koeffitsientlarining standart xatolari.

t-Statistic – Model koeffitsientlari baholarining ahamiyatliligi to'g'risida gipotezani tekshirishda foydalaniladigan Styudent mezonini,

Probability – agar biror o'zgaruvchi (omil) ning r-qiymati $\alpha=0.05$ kritik darajadan kichik bo'lsa, u holda nolinch gipoteza (model koeffitsientlari muhim emasligi to'g'risida) rad etiladi, bundan esa koeffitsient muhim ekanligi kelib chiqadi.

Tuzilgan model koeffitsientlari baholari muhimligini tekshirish.

t-Statistic modeldagi koeffitsient bahosini uning standart xatoligidan necha marta katta ekanligini ko'rsatadi.

t-Statistic = Coefficient / Std. Error.

Yuqorida ko'rib chiqilgan misolimiz bo'yicha X_1 koeffitsienti bahosining muhimligi to'g'risidagi gipotezani tekshirish protsedurasini ifodalaymiz.

$H_0: \Theta_1 = 0$ - X_1 o'zgaruvchi Y natijaviy o'zgaruvchiga muhim ta'sir ko'rsatmaydi.

$H_1: \Theta_1 \neq 0$ - X_1 o'zgaruvchi Y natijaviy o'zgaruvchiga muhim ta'sir ko'rsatadi.

1) t -statistikaning hisoblangan qiymatini aniqlaymiz:

$$t_p = \frac{\Theta_1}{se(\Theta_1)}$$

2) Muhimlik darajasini tanlaymiz (agar u haqiqatda to'g'ri bo'lsa H_0 gipotezani rad etish ehtimolidir).

Olib borilayotgan tadqiqotlarga qarab muhimlik darajasi $\alpha=0.01$ yoki 1%; $\alpha=0.05$ yoki 5% tanlanadi.

3) Styudentning ttaqsimot jadvalidan t -statistikaning kritik qiymatini topamiz:

$$t_{kp.}(\alpha; n - m).$$

4) Agar $|t_p| < t_{kp.}$ bo'lsa, H_0 gipoteza rad etilmaydi.

Tuzilgan ko'plikdagi regressiya modeli koeffitsientlari baholarining muhimligini tekshirishning alternativ usuli – bu Probability qiymatini o'rnatilgan kritik daraja ($\alpha=0.01$; $\alpha=0.05$; $\alpha=0.1$) bilan taqqoslashdir. Agar r-qiymat (r-znachenie) o'rnatilgan kritik darajadan kichik bo'lsa, u holda nolinch gipoteza (model koeffitsientlarining muhim emasligi to'g'risida) rad etiladi, bundan esa koeffitsient muhim ekanligi kelib chiqadi.

15.10. Tuzilgan model sifatini tahlil qilish

Eviews dasturida olingan juft yoki ko'plikdagi regressiya modelining sifatini tahlil qilish kerak. Bu esa mazkur modeldan keyinchalik iqtisodiy ko'rsatkichlarni prognozlashda va qaror qabul qilishda muhim hisoblanadi.

Tuzilgan regressiya modeli sifatining asosiy mezonlari quyidagi 15.6-jadvalda keltirilgan.

15.6-jadval

Regressiya modeli sifatining asosiy mezonlari

R-squared	0.741245	Determinatsiya koeffitsienti. Bu modelning ma'lumotlarga qanchalik yaxshi mos kelishini ko'rsatadi R-squared ning qiymati qanchalik 1 ga yaqin bo'lsa, regressiya tenglamasining tanalama ma'lumotlariga "yaxshi sifatli to'g'rilash" bo'ladi. Tahlil qilinayotgan Y o'zgaruvchi umumiy
------------------	----------	---

		<p>variatsiyasining qaysi ulushi ta'sir etuvchi o'zgaruvchilarning (X_i) o'zgarishiga bog'liq ekanligini ko'rsatadi. $0 \leq R^2 \leq 1$.</p> <p>Quyidagi formula bilan hisoblanadi:</p> $R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - y_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$ <p>Agar $R^2 = 1$ bo'lsa, bu shuni bildiradiki, Y o'zgaruvchining barcha variatsiyasi (o'zgarishi) ta'sir etuvchi o'zgaruvchilarning o'zgarishlari bilan asoslanadi. Ya'ni, biz ta'sir etuvchi o'zgaruvchilarni berilgan qiymatlari bo'yicha Y o'zgaruvchining qiymatlarini xatosiz prognoz qilish imkoniga ega bo'lamiz.</p> <p>Masalan, $R^2 = 0,74$ yoki 74% ga teng bo'lsin. Bu natijaviy o'zgaruvchining (Y) 74% variatsiyasi (o'zgarishi) regressiya modeliga kiritilgan omilli belgilarning variatsiyasiga bog'liqligini ko'rsatadi. Qolgan 26% regressiya tenglamasiga kiritilmagan omilli belgilar hamda tasodifiy omillar ta'siridir</p>
Adjusted R-squared	0.722763	<p>Tekislangan determinatsiya koeffitsienti. Regressiya modeliga yangi regressorlar (o'zgaruvchilar) qo'shilishi bilan determinatsiya koeffitsienti qiymati kamaymaydi, balki doimo o'sib boradi. Regressiya modellarini determinatsiya koeffitsientlari bo'yicha taqqoslash to'g'ri bo'lmaydi, shuning uchun tekislangan determinatsiya koeffitsientidan foydalaniladi. Tekislangan determinatsiya koeffitsienti regressiya modeliga yangi o'zgaruvchilarni kiritilgani uchun "shtraf" soladi. Tekislangan determinatsiya koeffitsienti quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:</p> $R_{adj}^2 = 1 - (1 - R^2) \frac{n-1}{n-p-1} = R^2 - \frac{p}{n-p-1} (1 - R^2),$ <p>bu erda r – bog'liq bo'lmagan (ta'sir etuvchi) o'zgaruvchilar soni; n – kuzatuvlar soni.</p> <p>r ortib borishi bilan $\frac{p}{n-p-1}$ nisbat ham ortadi va bundan kelib chiqqan holda R^2 ni to'g'rilash kamayish tomonga qarab boradi</p>
S.E. of regression	11.24179	<p>Regressiyaning standart xatoligi. Mazkur qiymatni kvadratga oshirganda regressiya qoldiqlari dispersiyasi hosil bo'ladi. U qiymat qanchalik kichik bo'lsa, shuncha yaxshi</p>
Sum squared resid	8846.445	Qoldiqlar kvadratlari yig'indisi
Log likelihood	-288.6068	Maksimal o'xshashlik funktsiyasining qiymati
F-statistic	40.10532	Tuzilgan regressiya modelining statistik

		<p>ahamiyatligini, ya'ni barcha X_i lar birgalikda Y ga ta'sir qilishini tekshiradi. F -statistika quyidagi formula bilan hisoblanadi:</p> $F = \frac{R^2}{1-R^2} \cdot \frac{n-p-1}{p}.$
Prob (F-statistic)	0.000000	<p>$N_0: \Theta_1 = \Theta_2 = \Theta_3 = \dots = \Theta_p = 0$ bo'lsa, regressiya tenglamasi ahamiyatga ega emas, ya'ni ta'sir etuvchi o'zgaruvchilar koeffitsientlari nolga teng.</p> <p>Agar r-qiyamat (r-znachenie, p-value) 0,05 dan kichik bo'lsa, u holda natijaviy o'zgaruvchi Y va ta'sir etuvchi o'zgaruvchilar (X_i) lar o'rtasida chiziqli bog'liqlikning mavjud emasligi to'g'risidagi gipoteza rad etiladi (xatolikning $\alpha = 0.05$ ehtimolligi bilan)</p>
Meandependentvar.	20.32182	Bog'liq o'zgaruvchining o'rtacha qiymati
S.D. dependentvar.	21.35058	Bog'liq o'zgaruvchining standart chetlanishi
Akaikeinfocriterion	7.752809	Akaykening axborot mezoni. AIC (Akaike info criterion) ning minimal ko'rsatkichiga ega bo'lgan model tanlanadi (Ikkita regressiya modeli taqqoslanayotgan bo'lsa)
Schwarz criterion	7.936815	Shvartsning axborot mezoni. SIC (Schwarz criterion) ning minimal ko'rsatkichiga ega bo'lgan model tanlanadi (Ikkita regressiya modeli taqqoslanayotgan bo'lsa)
Durbin-Watson stat.	1.827987	Darbin-Uotson statistikasi. Avtokorrelyatsiyani aniqlashda foydalaniladi.

Modeldagi determinatsiya koeffitsienti shuni ko'rsatadiki, aholi jon boshiga YaIM (Y) 74% ga modelga kiritilgan omillarga bog'liq. Qolgan 26% esa hisobga olinmagan omillar ta'siridir (internetdan foydalanuvchilar soni X_1 , demokratiyaning rivojlanish indeksi X_2 , sog'liqni saqlashga sarflanadigan umumiy xarajatlar X_3 , ishsizlik darajasi X_4 , kutilayotgan umr ko'rish davomiyligi X_5). Aholi jon boshiga YaIMga (Y) muhim (5% lik muhimlik darajasida) ta'sir etuvchi omillar bo'lib quyidagilar hisoblanadi (koeffitsientlar baholarining t - statistikasidagi r-qiyamatga mos ravishda): internetdan foydalanuvchilar soni X_1 , demokratiyaning rivojlanish indeksi X_2 , ishsizlik darajasi X_4 . Omillarning hisoblangan koeffitsientlariga mos ravishda internetdan foydalanuvchilar soni 1% ga ortishi aholi joni boshiga YaIMning 1,19% ga ortishiga, demokratiyaning rivojlanish indeksi 1% ga o'sishi aholi joni boshiga YaIMning 0,9% ga ortishiga, ishsizlik darajasining 1% ga ortishi esa aholi joni boshiga YaIMning 0,28% ga

kamayishiga olib keladi. Muhim omillar orasida bog'liq o'zgaruvchiga eng ko'p ta'sir etuvchi omil bo'lib internetdan foydalanuvchilar soni hisoblanadi va eng katta elastiklikka ega.

Tuzilgan regressiya modelining adekvatligini (o'rganilayotgan jarayonga mos kelishi) Fisherning F-statistikasi ko'rsatadi. F-statistikaning r-qiyamati 0,05 dan kichik, bu esa regression modelning ahamiyatliligini bildiradi.

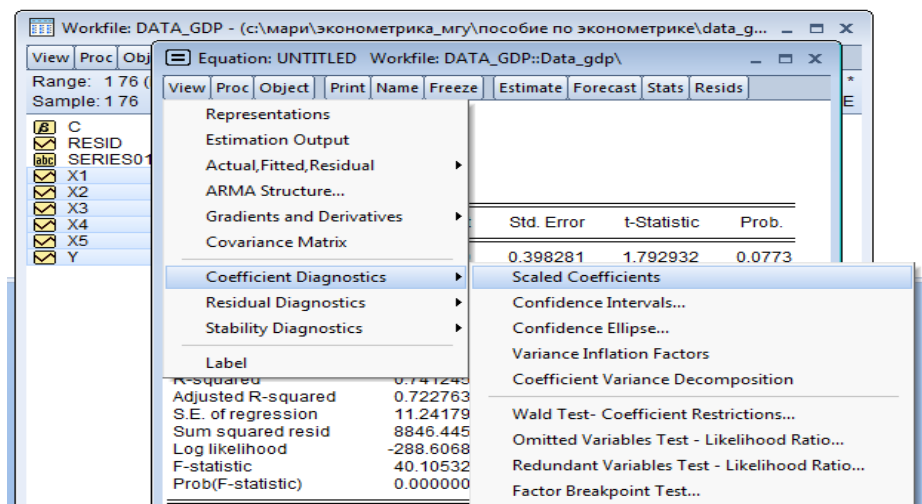
Elastiklik koeffitsienti.

Elastiklik koeffitsienti biror ta'sir etuvchi o'zgaruvchining (X_i) o'rtacha 1 foizga o'zgarishi, natijaviy o'zgaruvchi Y ning qanchaga o'zgarishini ko'rsatadi. Elastiklik koeffitsienti quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$\mathcal{E}_i = \Theta_i \cdot \frac{\bar{X}_i}{\bar{Y}}$$

EViews dasturi yordamida omillar bo'yicha elastik koeffitsientlari quyidagicha hisoblanadi (15.24-rasm).

Regressiya tenglamasi oynasi → **View** → **Coefficient Diagnostics** → **Scaled Coefficients**



15.24-rasm. Elastiklik koeffitsientlarini hisoblash

15.24-rasmda keltirilgan buyruqlarni ketma-ket bajarish natijasida o'zgaruvchilar bo'yicha elastik koeffitsientlariga ega quyidagi 15.7-jadvalni hosil qilamiz.

Ko‘plikdagi regressiya tenglamasi koeffitsientlari, standartlashtirilgan koeffitsientlar va elastiklik koeffitsientlari

ScaledCoefficients			
Date: 01/25/18 Time: 21:51			
Sample: 1 76			
Includedobservations: 76			
Variable	Coefficient	Standardized Coefficient	Elasticity atMeans
X5	0.714090	0.159876	2.694371
X4	-0.644238	-0.181821	-0.281502
X3	1.091209	0.130988	0.409367
X2	2.814424	0.237464	0.932311
X1	0.432715	0.464462	1.198299
C	-80.32901	NA	-3.952845

Elasticity at means qiymatlari $\mathcal{E}_i = a_i \cdot \frac{\bar{X}_i}{\bar{Y}}$ formula bo‘yicha hisoblangan.

Nazorat uchun savollar

1. EViews – ekonometrik modellashtirish dasturi imkoniyatlariga ta’rif bering.
2. EViews dasturini ishga tushirish qanday amalga oshiriladi?
3. EViews dasturida ma’lumotlarni kiritish va yuklash?
4. Ma’lumotlarni klaviatura orqali kiritish qanday amalga oshiriladi?
5. Dasturga ma’lumotlarni import qilish qanday amalga oshiriladi?
6. EViews dasturida ko‘plikdagi regressiyaning klassik chiziqli modeli.
7. Tuzilgan model sifatini tahlil qilish.
8. EViews dasturi yordamida omillar bo‘yicha elastik koeffitsientlari qanday hisoblanadi?

Nazorat uchun vazifalar

Variant 1

1. Ekonometrikaga kirish. Fanning maqsadi va vazifalari(ekonometrikaning predmeti, maqsadi, ekonometrikaning vazifalari, asosiy ekonometrik usullar).

2. Iqtisodiy-ijtimoiy jarayonlarda bog'liklar turlarini o'rganish (korrelyatsion bog'lanish, funktsional bog'lanish, juft korrelyatsiya, korrelyatsion tahlil).

3. Masala

Berilgan ma'lumotlar asosida korrelyatsiya koeffitsienti xisoblansin va tahlil qilinsin.

N	Y	X
1	11	8
2	13	9
3	15	11
4	17	12
5	19	14
6	22	16
7	26	16
8	34	18
9	37	21
10	42	25

4. Masala

Yuqorida berilgan masala uchun chiziqli ko'rinishidagi $y = a_0 + a_1x$ regressiya tenglamasining parametrlari aniqlansin va iqtisodiy ta'rif berilsin.

5. Testlar

Ekonometrika – bu:

- Matematika va iqtisodiyot sintezi;
- Matematika va statistika sintezi;
- Matematika, iqtisodiyot va statistika sintezi;
- Ehtimollar nazariyasi va iqtisodiyot sintezi.

Diskret tasodifiy miqdorning matematik kutilishini ko'rsating:

a) $M(X) = \sum_{i=1}^n x_i p_i$

b) $M(X) = \sum_{i=1}^n x_i$

c) $M(X) = \sum_{i=1}^n p_i$

d) $M(X) = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{p_i}$

Agar X va Y omillari statistik zich bog‘langan bo‘lsa korrelyatsiya koeffitsienti r_{xy} quyidagi oraliqda o‘zgaradi:

a) $0,6 < r_{xy} \leq 0,96$

b) $0,4 \leq r_{xy} \leq 0,6$

c) $0 < r_{xy} \leq 0,3$

d) $-\infty < r_{xy} < \infty$

Regressiya koeffitsienti – :

a) Ta’sir etuvchi va natijaviy omil orasidagi bog‘lanish zichligini ko‘rsatadi;

b) Ta’sir etuvchi omilning bir birlikka o‘zgarishi, natijaviy omilning qanchaga o‘zgarishini ko‘rsatadi;

c) Ta’sir etuvchi omilning bir foizga o‘zgarishi;

d) Natijaviy omilning bir birlikka o‘zgarishi, ta’sir etuvchi omilning qanchaga o‘zgarishini ko‘rsatadi.

Ekonometrik modellar iqtisodiy jarayonlarini:

a) Analitik jihatdan o‘rganadi;

b) Sifat jihatdan o‘rganadi;

c) Psixologik jihatdan o‘rganadi;

d) Miqdoriy va sifat jihatdan o‘rganadi.

Variant 2

1. Iqtisodiyotni ekonometrik modellashtirishning zarurligi (ekonometrik modellashtirish va modellarning ahamiyati, ekonometrik model, asosiy ekonometrik usullar).

2. Chiziqli va chiziqsiz regression bog‘lanishlar (korrelyatsion bog‘lanish, bog‘lanishlarni o‘rganishda funksiyalardan foydalanish, chiziqli funksiya, chiziqsiz funksiyalar).

3. Masala. Berilgan ma’lumotlar asosida:

1. Talab hajmining narxga nisbatan ekonometrik modeli tuzilsin

$$Q_d = a_0 + a_1 P$$

2. Taklif hajmining narxga nisbatan ekonometrik modeli tuzilsin

$$Q_s = b_0 + b_1 P.$$

n	Q _d	P	Q _s
1	30	6	16
2	29	7	18
3	27	9	20
4	23	10	24
5	20	12	26
6	16	15	28

4. Masala

Yuqorida berilgan masala uchun quyidagilar aniqlansin:

1. Muvozanat narx

2. Muvozanat talab va muvozanat taklif hajmi

3. Talab va taklif hajmi uchun elastiklik koeffitsientlari.

5. Testlar

Ekonometrik modelning umumiy ko‘rinishi:

a) $Y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$

b) $Y = f(x_1, c, y_1)$

- c) $Y = f(Y)$
- d) $X = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$

Eng kichik kvadratlar usulidan:

- a) Dinamik qatorlardagi o‘rtacha qiymatlarni aniqlashda foydalaniladi;
- b) Omillar orasidagi bog‘lanish zichligini aniqlashda foydalaniladi;
- c) Dinamik qatorlarni tekislash uchun foydalaniladi;
- d) Omillarning o‘rtacha kvadrat chetlanishini aniqlashda foydalaniladi;

Omillar o‘rtasida teskari bog‘lanish mavjud – agar:

- a) $r = 1$ -bo‘lsa
- b) $0 < r < 1$ - bo‘lsa
- c) $r = 1,2$ -bo‘lsa
- d) $-1 < r < 0$ -bo‘lsa

Matematik kutilishning birinchi xossasi:

- a) O‘zgarmas miqdorning matematik kutilishi shu o‘zgarmasning o‘ziga teng:
 $M(C) = C$;
- b) O‘zgarmas ko‘paytuvchini matematik kutilish belgisidan tashqariga chiqarish mumkin: $M(CX) = CM(X)$;
- c) Ikkita erkli X va Y tasodifiy miqdorlar ko‘paytmasining matematik kutilishi ularning matematik kutilishlari ko‘paytmasiga teng: $M(XY) = M(X)M(Y)$;
- d) Ikkita tasodifiy miqdor yig‘indisining matematik kutilishi qo‘shiluvchilarning matematik kutilishlar yig‘indisiga teng: $M(X + Y) = M(X) + M(Y)$.

Prognozda ekstrapolyatsiya quyidagi model orqali qilinadi:

- a) Trend modellari;
- b) Optimallashtirish modellari;
- c) Balans modellari;
- d) Evristik modellari.

Variant 3

1. Ekonometrik model tushunchasi, turlari va undagi o'zgaruvchilar (ekonometrik model, endogen va ekzogen o'zgaruvchilar, chizikli va chiziqsiz ekonometrik modellar).

2. Eng kichik kvadratlar usuli (xaqiqiy qiymat, tekislangan qiymat, formulasi, normal tenglamalar tizimi).

3. Masala

Berilgan ma'lumotlar asosida korrelyatsiya koeffitsienti xisoblansin va tahlil qilinsin.

N	Y	X
1	13	11
2	15	12
3	15	12
4	16	13
5	18	15
6	20	16
7	21	18
8	24	20
9	27	21
10	30	23

4. Masala

Yuqorida berilgan masala uchun chizikli ko'rinishidagi $y = a_0 + a_1x$ regressiya tenglamasining parametrlari aniqlansin va iqtisodiy ta'rif berilsin.

5. Testlar

Umumiy ko'rinishida ekonometrik model quyidagicha yoziladi:

- a) $Y = f(\alpha, \infty, \dots, \partial)$
- b) $Y = f(1, 2, \dots, n)$
- c) $Y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$
- d) $Y = (x_1, x_2, \dots, x_n)$

Multikollinearlik - bu:

- a) Natijaviy omil bilan ta'sir etuvchi omillar orasidagi aloqaning mavjud emasligi;
- b) Natijaviy omil bilan ta'sir etuvchi omillar orasidagi aloqaning 0 va 0,5 oraliqda ekanligi;
- c) Ta'sir etuvchi omillar orasida zich aloqaning mavjudligi;
- d) Xususiy korrelyatsiya koeffitsienti -1 va 0 oralig'ida bo'lishi.

Korrelyatsiya koeffitsientini ko'rsating:

$$a) r_{xy} = \frac{\overline{xy} + \bar{x} \cdot \bar{y}}{\sigma_x - \sigma_y}$$

$$b) r_{xy} = \frac{\overline{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\sigma_x \cdot \sigma_y}$$

$$c) r_{xy} = \frac{\overline{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\sigma_x \cdot \sigma_y}$$

$$d) r_{xy} = \frac{\overline{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\sigma_x + \sigma_y}$$

Eng kichik kvadratlar usuli quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$a) S = \sum (Y - \bar{Y}_t)^2 \rightarrow \min$$

$$b) S = \sum (\bar{Y}_t - Y)^2 \rightarrow \min$$

$$c) S = \sum (Y - \bar{Y}_t)^2 \rightarrow \max$$

$$d) S = \sum (Y + \bar{Y}_t)^2$$

Ekonometrik model - bu:

- a) Optimallashtirish modeli;
- b) Stoxastik model;
- c) Determinik model;
- d) Fizik model

Variant 4

1. Ekonometrik modellashtirish bosqichlari (spetsifikatsiyalash, identifikatsiya qilish, verifikatsiya qilish, prognoz qilish).

2. Diskret va uzluksiz tasodifiy miqdorlar (tasodifiy miqdor, diskret va uzluksiz tasodifiy miqdorlar, diskret tasodifiy miqdorning matematik kutilishi).

3. Masala. Berilgan ma'lumotlar asosida:

1. Talab hajmining narxga nisbatan ekonometrik modeli tuzilsin $Q_d = a_0 + a_1 P$

2. Taklif hajmining narxga nisbatan ekonometrik modeli tuzilsin $Q_s = b_0 + b_1 P$.

n	Qd	P	Qs
1	23	3	11
2	20	5	14
3	16	6	16
4	15	9	20
5	13	14	24
6	10	18	26

4. Masala

Yuqorida berilgan masala uchun quyidagilar aniqlansin:

1. Muvozanat narx

2. Muvozanat talab va muvozanat taklif hajmi

3. Talab va taklif hajmi uchun elastiklik koeffitsientlari.

5. Testlar

Dispersiya aniqlovchi bandni ko'rsating:

a)
$$\sigma^2 = \frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n}$$

b)
$$\sigma^2 = \frac{\sum (X - \bar{X})^2 \cdot m}{\sum m}$$

c)
$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n}}$$

$$d) \sigma = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{\sum m}}$$

Omillar o'rtasida to'g'ri bog'lanish mavjud – agar:

- a) $0 < r < 1$ - bo'lsa
- b) $r = 1,2$ -bo'lsa
- c) $r = -0,2$ -bo'lsa
- d) $r = 1$ -bo'lsa

Ushbu funktsiyalardan qaysi biri chiziqli funktsiya?

- a) $y = a + bx^2$;
- b) $y = a + b/x$;
- c) $y = a + bx$;
- d) $y = a + bx + c/x^2$.

Trend tiplari:

- a) To'g'ri chiziqli, parabola, giperbola, logistik, eksponensial;
- b) To'g'ri chiziqli, parabola, giperbola, logistik;
- c) Parabola, giperbola, logistik, eksponensial;
- d) To'g'ri chiziqli, parabola.

Iqtisodiy jarayonlarini prognozlash – bu:

- a) Bir-birlik mahsulot ishlab chiqarishga ketadigan o'rtacha xarajatlarni aniqlash;
- b) Ko'rsatkichlarning istiqboldagi holatini aniqlash;
- c) Foyda darajasini maksimallashtirish;
- d) Reja ko'rsatkichlarini haqiqiy ko'rsatkichlar bilan taqqoslash.

Variant 5

1. **Tasodifiy miqdorlarning xarakteristikalarini hisoblash** (variatsiya, dispersiya, o'rtacha kvadratik farq, moda, mediana).

2. **Ekonometrik modellartasnifi** (umumiy ko'rinishi, bir tenglamali, tenglamalar tizimi ko'rinishidagi model, vaqtli qatorlar).

3. Masala

Berilgan ma'lumotlar asosida korrelyatsiya koeffitsienti xisoblansin va tahlil qilinsin.

N	Y	X
1	16	11
2	14	15
3	13	14
4	12	15
5	12	17
6	10	19
7	8	21
8	6	24
9	5	24
10	4	27

4. **Masala.** Yuqorida berilgan masala uchun chiziqli ko'rinishidagi $y = a_0 + a_1x$ regressiya tenglamasining parametrlari aniqlansin va iqtisodiy ta'rif berilsin.

5. Testlar

$$\sigma^2 = \frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n} - \text{bu:}$$

- a) O'rtacha kvadratik farq
- b) Dispersiya
- c) Arifmetik o'rtacha
- d) Moda

Ekonometrik usullar va modellar ahamiyati quyidagilardan iborat:

- a) Iqtisodiy va tabiiy fanlarni rivojlantirishda etakchi vosita bo'lib xizmat qiladi;

- b) Iqtisodiyotning kelgusidagi rivojlanishini oldindan aytib berib tuzilgan prognozlarni umumiy amalga oshirish vaqtida ayrim tuzatishlarni kiritish imkonini beradi;
- c) Hisoblash ishlarini mexanizatsiyalash va avtomatlashtirish bilan birga, aqliy mehnatni engillashtiradi va iqtisodiy soha xodimlarning mehnatini ilmiy asosda tashkil etadi va boshqaradi;
- d) Hamma javoblar to'g'ri.

Diskret (uzlukli) tasodifiy miqdor deb:

- a) ajralgan qiymatlarni qabul qiluvchi miqdorga aytiladi
- b) chekli yoki cheksiz oraliqdagi barcha qiymatlarini qabul qilishi mumkin bo'lgan miqdorga aytiladi
- c) ayrim, ajralgan qiymatlarni ma'lum ehtimollar bilan qabul qiluvchi miqdorga aytiladi
- d) avvaldan ma'lum bo'lgan va oldindan inobatga olib bo'ladigan miqdorga aytiladi

Ko'p omilli chiziqli bog'lanishni ko'rsating:

- a) $Y_x = a_0 + a_1X_1 + \dots + a_nX_n$
- b) $Y_x = a_0 + a_1X$
- c) $Y_x = a_0 + a_1X^2$
- d) $Y_x = a_0 + a_1^X$

Chastota (m):

- a) nisbiy miqdor bo'lib, har variantning to'plamda necha foiz bor uchrashuvini ko'rsatadi;
- b) absolyut miqdor bo'lib, har variantning to'plamda necha bor uchrashuvini ko'rsatadi;
- c) o'zgaruvchi belgining miqdorlari majmuasi;
- d) tartibli variatsion qator

Variant 6

1. Korrelyatsion-regression tahlilida eng kichik kvadratlar usulining qo'llanilishi (eng kichik kvadratlar usulining mazmuni, normal tenglamalar tizimi).

2. Ekometrik modellari (ekonometrik model tushunchasi, turlari va undagi o'zgaruvchilar).

3. Masala. Berilgan ma'lumotlar asosida:

1. Talab hajmining narxga nisbatan ekonometrik modeli tuzilsin $Q_d = a_0 + a_1 P$

2. Taklif hajmining narxga nisbatan ekonometrik modeli tuzilsin $Q_s = b_0 + b_1 P$.

N	Qd	P	Qs
1	10	2	6
2	7	4	8
3	6	6	10
4	5	8	11
5	3	10	14
6	1	12	16

4. Masala. Yuqorida berilgan masala uchun quyidagilar aniqlansin:

1. Muvozanat narx

2. Muvozanat talab va muvozanat taklif hajmi

3. Talab va taklif hajmi uchun elastiklik koeffitsientlari.

5. Testlar

Korrelyatsiya koeffitsienti r_{xy} quyidagi oraliqda o'zgaradi:

a) $0 < r_{xy} < 1$

b) $-1 < r_{xy} < 0$

c) $-1 \leq r_{xy} \leq 1$

d) $-\infty < r_{xy} < \infty$

Ekonometrikaning vazifalari:

- a) Modelni optimallashtirish;
- b) Modelni identifikatsiyalash, verifikatsiyalash, prognoz qilish;
- c) Tajribalar qilish;
- d) Mantiqiy tahlil qilish.

Uzluksiz tasodifiy miqdor deb:

- a) ajralgan qiymatlarni qabul qiluvchi miqdorga aytiladi
- b) chekli yoki cheksiz oraliqdagi barcha qiymatlarini qabul qilishi mumkin bo'lgan miqdorga aytiladi
- c) ayrim, ajralgan qiymatlarni ma'lum ehtimollar bilan qabul qiluvchi miqdorga aytiladi
- d) avvaldan ma'lum bo'lgan va oldindan inobatga olib bo'ladigan miqdorga aytiladi

$$w_i = \frac{m_i}{\sum_{i=1}^n m_i} - \text{bu:}$$

- a) Chastota ulushi;
- b) Moda;
- c) Mediana;
- d) Korrelyatsiya koeffitsienti

Model so'zi:

- a) jarayondagan ma'noni anglatadi;
- b) tasodifiydegan ma'noni anglatadi;
- c) o'lchov, me'yor degan ma'noni anglatadi;
- d) yaqinlashtirish, yondashishdegan ma'noni anglatadi.

Variant 7

1. **Korrelyatsiya koeffitsienti va kovariatsiya** (bog‘lanish zichligi, formula, o‘rtacha, o‘rtacha kvadratik farq, matematik kutilish).

2. **Variatsion qatorlarni guruhlash** (guruhlangan ma‘lumotlar, Sterjdess formulasi, interval, guruhlangan qatorni o‘rtachasi, dispersiyasi).

3. Masala

Berilgan ma‘lumotlar asosida korrelyatsiya koeffitsienti hisoblansin va tahlil qilinsin.

N	Y	X
1	12	17
2	14	15
3	15	14
4	15	13
5	16	12
6	17	10
7	19	9
8	23	7
9	24	7
10	29	5

4. **Masala.** Yuqorida berilgan masala uchun chiziqli ko‘rinishidagi $y = a_0 + a_1x$ regressiya tenglamasining parametrlari aniqlansin va iqtisodiy ta’rif berilsin.

5. Testlar

Ekonometrikaning maqsadi:

- Real iqtisodiy ob’ektlarni modellashtirish va miqdoriy tahlil qilishning usullarini ishlab chiqish
- Axborotlarni qayta ishlash
- Fizik ob’ektlarni modellashtirish
- Sifatli, psixologik miqdoriy tahlil qilishning usullarini ishlab chiqish

$$Y_x = a_0 + a_1X \text{ - bu:}$$

- a) Bir omilli chiziqsiz bog‘lanish
- b) Bir omilli chizikli bog‘lanish
- c) Ko‘p omilli chizikli bog‘lanish
- d) Ko‘p omilli chiziqsiz bog‘lanish

Giperbola - bu:

a) $y = a_0 + a_1x + a_2x^2$

b) $y_x = a_0x^a$

c) $y_x = a_0e^x$

d) $y_x = a_0 + \frac{a_1}{x}$

Moda M_0 deb:

- a) eng katta chastotaga ega bo‘lgan variantaga aytiladi;
- b) variatsion qatorni variantalar soni teng bo‘lgan ikki qismga ajratadigan variantaga aytiladi;
- c) eng kichkina chastotaga ega bo‘lgan variantaga aytiladi,
- d) variatsion qatorning ekstremal qiymatlari farqiga aytiladi.

Ekonometrik model - bu:

- a) iqtisodiy-matematik model;
- b) moddiy model;
- c) fizik model;
- d) verbal model.

Variant 8

1. Ekonometrikada ehtimollar nazariyasi va matematik statistikaning asosiy tushunchalari (tasodifiy miqdorlar, to‘plamlar, dispersiya, variatsiya koeffitsienti).

2. “Eng kichik kvadratlar” usuli yordamida ekonometrik modelni hisoblash (usulning mazmuni, birinchi darajali hosilalar, normal tenglamalar tizimi).

3. Masala. Berilgan ma’lumotlar asosida:

1. Talab hajmining narxga nisbatan ekonometrik modeli tuzilsin $Q_d = a_0 + a_1 P$

2. Taklif hajmining narxga nisbatan ekonometrik modeli tuzilsin $Q_s = b_0 + b_1 P$.

n	Qd	P	Qs
1	17	3	9
2	15	5	11
3	10	7	12
4	8	9	14
5	7	11	16
6	6	12	16

4. Masala. Yuqorida berilgan masala uchun quyidagilar aniqlansin:

1. Muvozanat narx

2. Muvozanat talab va muvozanat taklif hajmi

3. Talab va taklif hajmi uchun elastiklik koeffitsientlari.

5. Testlar

Ekonometrik modellar iqtisodiy jarayonlarini:

a) Psixologik jihatdan o‘rganadi;

b) Sifat jihatdan o‘rganadi;

c) Miqdoriy va sifat jihatdan o‘rganadi;

d) Analitik jihatdan o‘rganadi.

Agar X va Y omillar kuchsiz bog‘lansa korrelyatsiya koeffitsienti r_{xy} quyidagi oraliqda o‘zgaradi:

- a) $0 < r_{xy} \leq 0,3$
- b) $0,4 \leq r_{xy} \leq 0,6$
- c) $0,6 < r_{xy} \leq 0,96$
- d) $-\infty < r_{xy} < \infty$

Sifatli ko'rsatkichlar qatorini aniqlang:

- a) iste'molchilarning didi, ishchining maoshi, shaxsning jinsi
- b) ishchilarning soni, oliy ma'lumotga egaligi, shaxsning jinsi
- c) iste'molchilarning didi, oliy ma'lumotga egaligi, shaxsning jinsi
- d) oliy ma'lumotga egaligi, ish staji, ishchining maoshi

Regressiya juft deb ataladi:

- a) agar bog'lanish funktsiyasi bitta o'zgaruvchidan iborat bo'lsa;
- b) agar bog'lanish funktsiyasi bir necha o'zgaruvchilardan iborat bo'lsa;
- c) agar bog'lanish funktsiyasi o'zgarmas miqdordan iborat bo'lsa;
- d) to'g'ri javob yo'q

Normal tenglamalar tizimi keltirilgan bandni ko'rsating:

- a)
$$\begin{cases} n \cdot a_0 + a_1 \sum t = \sum y \\ a_0 \sum t + a_1 \sum \sqrt{t} = \sum y \cdot t \end{cases}$$
- b)
$$\begin{cases} n \cdot a_0 + a_1 \sum t = \sum y \\ a_0 \sum t + a_1 \sum t^2 = \sum y \end{cases}$$
- c)
$$\begin{cases} a_0 + a_1 \sum t = \sum y \\ a_0 \sum t + a_1 \sum t^2 = \sum y \cdot t \end{cases}$$
- d)
$$\begin{cases} n \cdot a_0 + a_1 \sum t = \sum y \\ a_0 \sum t + a_1 \sum t^2 = \sum y \cdot t \end{cases}$$

Variant 9

1. Korrelyatsiya koeffitsientining turlari va o'zgarish intervallari (korrelyatsiya koeffitsienti formulasi, o'rtacha kvadratik chetlanish, kuchsiz, o'rtacha, zich bog'lanish, funktsional, to'g'ri va teskari bog'lanish).

2. Ekonometrik modellarni tuzishda qatnashadigan iqtisodiy ma'lumotlarga qo'yiladigan talablar (bog'liq bo'lmagan o'zgaruvchilar, bog'liq o'zgaruvchilar, omillar soni).

3. Masala. Berilgan ma'lumotlar asosida korrelyatsiya koeffitsienti hisoblansin va tahlil qilinsin.

N	Y	X
1	19	12
2	16	14
3	15	14
4	14	16
5	13	17
6	11	20
7	9	22
8	7	23
9	6	25
10	4	27

4. Masala

Yuqorida berilgan masala uchun chiziqli ko'rinishidagi $y = a_0 + a_1x$ regressiya tenglamasining parametrlari aniqlansin va iqtisodiy ta'rif berilsin.

5. Testlar

Korrelyatsiya – bu:

- Omillarning koordinata o'qidan uzoqlashishi;
- Normal tenglamalar tizimi;
- Omillar orasidagi bog'lanish zichligi;
- Model ishonchliligi.

$0 < r_{xy} \leq 0,3$ - bu xolda

- a) X va Y omillar kuchli bog‘langan
- b) X va Y omillar kuchsiz bog‘langan
- c) X va Y omillar bog‘langan
- d) X va Y omillar o‘ta kuchsiz bog‘langan

Ko‘p omilli chiziqli bog‘lanishni ko‘rsating:

- a) $Y_x = a_0 + a_1X_1 + \dots + a_nX_n$
- b) $Y_x = a_0 + a_1X$
- c) $Y_x = a_0 + a_1X^2$
- d) $Y_x = a_0 + a_1^x$

$$R = \sqrt{1 - \frac{\sum(y_i - \hat{y})^2}{\sum(y_i - \bar{y})^2}} - \text{bu:}$$

- a) Korrelyatsiya indeksi;
- b) Chiziqli korrelyatsiya koeffitsienti;
- c) Determinatsiya koeffitsienti;
- d) Regressiya tenglamasi.

Ekonometrik model shaklini tanlashda qo‘llanadigan usul:

- a) Regression tahlil usuli;
- b) Korrelyatsion tahlil usuli;
- c) Ekstrapolyatsiya usuli;
- d) Prognoz usuli.

Variant 10

1. Ekonometrik modellar ko'rsatkichlarni o'lchov birliklari (absolyut ko'rsatkichlar natural va qiymatli ko'rinishida, nisbiy ko'rsatkichlar, su'niy (sifatli) ko'rsatkichlar).

2. Iqtisodiy jarayonlarni modellashtirishda regressiya tahlilini vazifalari (regressiya tenglamalari, funksiyalar, parametrlar, eng kichik kvadratlar usuli, elastik koeffitsientlari).

3. Masala. Berilgan ma'lumotlar asosida:

1. Talab hajmining narxga nisbatan ekonometrik modeli tuzilsin $Q_d = a_0 + a_1 P$

2. Taklif hajmining narxga nisbatan ekonometrik modeli tuzilsin $Q_s = b_0 + b_1 P$.

n	Qd	P	Qs
1	28	6	17
2	27	7	19
3	26	9	22
4	23	10	27
5	20	12	28
6	16	15	30

4. Masala

Yuqorida berilgan masala uchun quyidagilar aniqlansin:

1. Muvozanat narx
2. Muvozanat talab va muvozanat taklif hajmi
3. Talab va taklif hajmi uchun elastiklik koeffitsientlari.

5. Testlar

Korrelyatsiya koeffitsientlari necha xil turda bo'ladi?

- a) Juft, xususiy va ko'plikdagi;
- b) Juft, ko'plikdagi, doimiy;
- c) Xususiy, ko'plikdagi, o'zgaruvchan;
- d) Ko'plikdagi, doimiy, multikollinear.

Ikki hodisa orasidagi bog‘lanish chiziqsiz bo‘lsa:

- a) Chizikli korrelyatsiya koeffitsienti aniqlanadi;
- b) Korrelyatsiya indeksi aniqlanadi;
- c) Ko‘p omilli korrelyatsiya koeffitsienti aniqlanadi
- d) Kovariatsiya aniqlanadi

Ko‘p omilli chizikli bog‘lanishni ko‘rsating:

- a) $Y_x = a_0 + a_1 X$;
- b) $Y_x = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + \dots + a_n X_n$;
- c) $Y_x = a_0 + a_1 X^2$;
- d) $Y_x = a_0 + a_1^X$.

To‘plamli korrelyatsiya koeffitsientini aniqlovchi bandni ko‘rsating:

a) $R_{yx_j} = \sqrt{\frac{r_{yx_1}^2 + r_{yx_2}^2 - 2r_{yx_1} r_{yx_2} r_{x_1x_2}}{1 - r_{x_1x_2}^2}}$;

b) $R_{yx_j} = \sqrt{\frac{r_{yx_1}^2 + r_{yx_2}^2}{1 - r_{x_1x_2}^2}}$;

c) $R_{yx_j} = \sqrt{\frac{2r_{yx_1} r_{yx_2} r_{x_1x_2}}{1 - r_{x_1x_2}^2}}$;

d) $R_{yx_j} = \sqrt{\frac{r_{yx_1}^2 + r_{yx_2}^2 - 2r_{yx_1} r_{yx_2} r_{x_1x_2}}{1}}$.

Natijaviy ko‘rsatkich va unga ta‘sir etuvchi omillar o‘rtasidagi bog‘lanish zichligini aniqlovchi koeffitsient:

- a) Elastik koeffitsienti;
- b) Styudent koeffitsienti;
- c) Korrelyatsiya koeffitsienti;
- d) Doimiy koeffitsient.

Variant 11

1. Ekonometrika fanini o'zlashtirishda asosiy statistik tushunchalarini ahamiyati (to'plam, variatsiya, variatsiya chegarasi, chastota, dispersiya, variatsiya koeffitsienti, moda, mediana).

2. Iqtisodiy-ijtimoiy jarayonlarda bog'likliklar turlarini o'rganish (korrelyatsion bog'lanish, funktsional bog'lanish, korrelyatsiya so'zi).

3. Masala

Berilgan ma'lumotlar asosida korrelyatsiya koeffitsienti hisoblansin va tahlil qilinsin.

N	Y	X
1	19	1
2	16	3
3	15	5
4	14	7
5	12	9
6	11	11
7	10	17
8	8	20
9	6	23
10	3	25

4. Masala

Yuqorida berilgan masala uchun chiziqli ko'rinishidagi $y = a_0 + a_1x$ regressiya tenglamasining parametrlari aniqlansin va iqtisodiy ta'rif berilsin.

5. Testlar

Korrelyatsion bog‘lanish turi bo‘yicha:

- a) To‘g‘ri, teskari bo‘ladi
- b) To‘g‘ri chiziqli, egri chiziqli bo‘ladi
- c) Kuchsiz, o‘rtacha, zich bo‘ladi
- d) Juft, ko‘p omilli bo‘ladi

Ko‘p omilli korrelyatsiya koeffitsientini aniqlovchi bandni ko‘rsating:

$$a) R_{yx_j} = \sqrt{\frac{r_{yx_1}^2 + r_{yx_2}^2 - 2r_{yx_1} r_{yx_2} r_{x_1x_2}}{1 - r_{x_1x_2}^2}};$$

$$b) R_{yx_j} = \sqrt{\frac{r_{yx_1}^2 + r_{yx_2}^2}{1 - r_{x_1x_2}^2}};$$

$$c) R_{yx_j} = \sqrt{\frac{2r_{yx_1} r_{yx_2} r_{x_1x_2}}{1 - r_{x_1x_2}^2}};$$

$$d) R_{yx_j} = \sqrt{\frac{r_{yx_1}^2 + r_{yx_2}^2 - 2r_{yx_1} r_{yx_2} r_{x_1x_2}}{1}}.$$

Ekonometrik modelda qatnashadigan omillarni tanlashda qo‘llanadigan usulni ko‘rsating:

- a) Regression tahlil usuli;
- b) Korrelyatsion tahlil usuli;
- c) Ekstrapolyatsiya usuli;
- d) Prognoz usuli.

Variatsiya koeffitsienti (V):

$$a) V_{\sigma} = \frac{1}{\bar{X}} \cdot 100\%$$

$$b) V_{\sigma} = \frac{\sigma}{\bar{X}} \cdot 100\%$$

$$c) V_{\sigma} = \frac{Y}{\bar{X}} \cdot 100\%$$

$$d) V_{\sigma} = \frac{\sigma}{\bar{X}}$$

Ko'p omilli chiziqli bog'lanishni ko'rsating:

- a) $Y_x = a_0 + a_1X$;
- b) $Y_x = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + \dots + a_nX_n$;
- c) $Y_x = a_0 + a_1X^2$;
- d) $Y_x = a_0 + a_1^X$.

Variant 12

1. Ekonometrik modellarning axborot ta'minoti (iqtisodiy ma'lumotlarning statistik tabiati, bog'liq va bog'liq bo'lmagan o'zgaruvchilarni tanlash).

2. "Eng kichik kvadratlar" usuli yordamida ekonometrik modelni hisoblash (usulning mazmuni, birinchi darajali hosilalar, normal tenglamalar tizimi).

3. Masala. Berilgan ma'lumotlar asosida:

- 1. Talab hajmining narxga nisbatan ekonometrik modeli tuzilsin $Q_d = a_0 + a_1P$
- 2. Taklif hajmining narxga nisbatan ekonometrik modeli tuzilsin $Q_s = b_0 + b_1P$.

n	Qd	P	Qs
1	22	3	5
2	18	4	10
3	14	9	13
4	12	10	17
5	10	12	22
6	7	15	26

4. Masala. Yuqorida berilgan masala uchun quyidagilar aniqlansin:

- 1. Muvozanat narx
- 2. Muvozanat talab va muvozanat taklif hajmi
- 3. Talab va taklif hajmi uchun elastiklik koeffitsientlari.

5. Testlar

Ekonometrikaning maqsadi:

- a) Real iqtisodiy ob'ektlarni modellashtirish va miqdoriy tahlil qilishning usullarini ishlab chiqish
- b) Axborotlarni qayta ishlash
- c) Fizik ob'ektlarni modellashtirish
- d) Sifatli, psixologik miqdoriy tahlil qilishning usullarini ishlab chiqish

Korrelyatsion bog'lanish shakli bo'yicha:

- a) To'g'ri chiziqli, egri chiziqli bo'ladi
- b) To'g'ri, teskari bo'ladi
- c) Kuchsiz, o'rtacha, zich bo'ladi
- d) Juft, ko'p omilli bo'ladi

Normal tenglamalar tizimi keltirilgan bandni ko'rsating:

- a)
$$\begin{cases} n \cdot a_0 + a_1 \sum t = \sum y \\ a_0 \sum t + a_1 \sum \sqrt{t} = \sum y \cdot t \end{cases}$$
- b)
$$\begin{cases} n \cdot a_0 + a_1 \sum t = \sum y \\ a_0 \sum t + a_1 \sum t^2 = \sum y \end{cases}$$
- c)
$$\begin{cases} a_0 + a_1 \sum t = \sum y \\ a_0 \sum t + a_1 \sum t^2 = \sum y \cdot t \end{cases}$$
- d)
$$\begin{cases} n \cdot a_0 + a_1 \sum t = \sum y \\ a_0 \sum t + a_1 \sum t^2 = \sum y \cdot t \end{cases}$$

Statistik prognozlashda qo'llanadigan usulni ko'rsating:

- a) Potentsiallar usuli;
- b) Simpleks usuli;
- c) Ekstrapolyatsiya usuli;
- d) Evristik usul.

Variant – bu:

- a) Belgining o'zgarishidir;

- b) O'zgaruvchi belgining konkret ifodasi;
- c) O'zgaruvchi belgining miqdorlari majmuasi;
- d) Qatorning ekstremal qiymatlari farqi.

Variant 13

1. Eng kichik kvadratlar usuli yordamida dinamik qatorlarni tekislash (usulni ma'nosi, asosiy matematik formulasi, parabola, giperbola, darajalik funktsiyalarni tuzish).

2. Ekonometrik modellashtirish bosqichlari (spetsifikatsiyalash, identifikatsiya qilish, verifikatsiya qilish, prognoz qilish).

3. Masala

Berilgan ma'lumotlar asosida korrelyatsiya koeffitsienti hisoblansin va tahlil qilinsin.

N	Y	X
1	14	8
2	16	9
3	15	11
4	17	12
5	18	14
6	20	15
7	16	14
8	15	13
9	17	12
10	18	14

4. Masala

Yuqorida berilgan masala uchun chiziqli ko'rinishidagi $y = a_0 + a_1x$ regressiya tenglamasining parametrlari aniqlansin va iqtisodiy ta'rif berilsin.

5. Testlar

Korrelyatsion bog‘lanish zichligi bo‘yicha:

- a) Kuchsiz, o‘rtacha, zich bo‘ladi
- b) To‘g‘ri chiziqli, egri chiziqli bo‘ladi
- c) To‘g‘ri, teskari bo‘ladi
- d) Juft, ko‘p omilli bo‘ladi

Qaysi bandda elastiklik koeffitsientini aniqlash formulasi to‘g‘ri keltirilgan:

a) $\vartheta_i = \frac{a_i}{x_i \cdot y_i}$;

b) $\vartheta_i = a_i \cdot \frac{\bar{x}_i}{y}$;

c) $\vartheta_i = a_i \cdot \frac{\bar{y}}{x_i}$;

d) $\vartheta_i = \frac{\bar{y}}{x_i}$.

Qaysi bandda elastiklik koeffitsientini aniqlash formulasi to‘g‘ri keltirilgan:

a) $\text{cov}(X, Y) = M[(X(Y - M(Y)))]$;

b) $\text{cov}(X, Y) = M[(X - M(X))]$;

c) $\text{cov}(X, Y) = M[(M(X))(M(Y))]$;

d) $\text{cov}(X, Y) = M[(X - M(X))(Y - M(Y))]$

Variatsiya chegarasi – bu:

- a) Belgining o‘zgarishidir;
- b) O‘zgaruvchi belgining konkret ifodasi;
- c) O‘zgaruvchi belgining miqdorlari majmuasi;
- d) Qatorning ekstremal qiymatlari farqi.

Dispersiyani (torttirilmagan) aniqlovchi bandni ko‘rsating:

a) $\sigma^2 = \frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n}$;

$$b) \sigma^2 = \frac{\sum (X - \bar{X})^2 \cdot m}{\sum m};$$

$$c) \sigma = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n}};$$

$$d) \sigma = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2 \cdot m}{\sum m}}.$$

Variant 14

1. Ekonometrik modellar ko‘rsatkichlarni o‘lchov birliklari (absolyut ko‘rsatkichlar natural va qiymatli ko‘rinishida, nisbiy ko‘rsatkichlar, su‘niy (sifatli) ko‘rsatkichlar).

2. To‘plamlar va ularning hossalari (bosh to‘plam, tanlanma, cheklangan, cheksiz to‘plam, to‘plam birligi).

3. Masala. Berilgan ma’lumotlar asosida:

1. Talab hajmining narxga nisbatan ekonometrik modeli tuzilsin $Q_d = a_0 + a_1 P$

2. Taklif hajmining narxga nisbatan ekonometrik modeli tuzilsin $Q_s = b_0 + b_1 P$.

n	Qd	P	Qs
1	9	1	4
2	6	3	6
3	5	5	8
4	4	7	9
5	2	9	12
6	1	11	14

4. Masala

Yuqorida berilgan masala uchun quyidagilar aniqlansin:

1. Muvozanat narx

2. Muvozanat talab va muvozanat taklif hajmi

3. Talab va taklif hajmi uchun elastiklik koeffitsientlari.

5. Testlar

Variatsion qator – bu:

- a) Belgining o'zgarishidir;
- b) O'zgaruvchi belgining konkret ifodasi;
- c) O'zgaruvchi belgining miqdorlari majmuasi;
- d) Qatorning ekstremal qiymatlari farqi.

Korrelyatsiya koeffitsientini aniqlovchi bandni ko'rsating:

a) $r_{xy} = \frac{\overline{xy} + \bar{x} \cdot \bar{y}}{\sigma_x - \sigma_y}$;

b) $r_{xy} = \frac{\overline{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\sigma_x \cdot \sigma_y}$;

c) $r_{xy} = \frac{\overline{xy} - x \cdot y}{\sigma_x \cdot \sigma_y}$;

d) $r_{xy} = \frac{\overline{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\sigma_x + \sigma_y}$.

Ekonometrikaning usuli:

- a) Chiziqli algebra
- b) Matematika
- c) Matematik statistika
- d) Qiyosiy usuli

Korrelyatsion tahlil o'rganadi:

- a) O'zgaruvchi miqdorlar orasidagi o'zaro munosabatni
- b) Doimiy miqdorlar orasidagi o'zaro munosabatni
- c) O'zgaruvchi miqdorlarning real jarayonga mos kelishini
- d) O'zgarmas miqdorlarning real jarayonga mos kelishini

Korrelyatsiya koeffitsienti quyidagi oraliqda o'zgaradi:

- a) $-1 \leq r_{xy} \leq 1$
- b) $0 < r_{xy} < 1$

c) $-1 < r_{xy} < 0$

d) $-\infty < r_{xy} < \infty$

Variant 15

1. Korrelyatsiya koeffitsientining turlari va o'zgarish intervallari (korrelyatsiya koeffitsienti formulasi, o'rtacha kvadratik chetlanish, kuchsiz, o'rtacha, zich bog'lanish, funksional, to'g'ri va teskari bog'lanish).

2. Iqtisodiy jarayonlarni boshqarishda ekonometrik modellashtirishning ahamiyati (ekonometrik modellashtirish va modellarning ahamiyati, ekonometrik modellashtirishning bosqichlari).

3. Masala

Berilgan ma'lumotlar asosida korrelyatsiya koeffitsienti hisoblansin va tahlil qilinsin.

N	Y	X
1	12	17
2	14	15
3	15	14
4	15	13
5	16	12
6	17	17
7	19	15
8	23	14
9	24	13
10	26	12

4. Masala

Yuqorida berilgan masala uchun chiziqli ko'rinishidagi $y = a_0 + a_1x$ regressiya tenglamasining parametrlari aniqlansin va iqtisodiy ta'rif berilsin.

5. Testlar

Korrelyatsion bog‘lanish omillar soni bo‘yicha:

- a) Juft, ko‘p omilli bo‘ladi
- b) To‘g‘ri chiziqli, egri chiziqli bo‘ladi
- c) Kuchsiz, o‘rtacha, zich bo‘ladi
- d) To‘g‘ri, teskari bo‘ladi

Variatsiya chegarasi – bu:

- a) Belgining o‘zgarishidir;
- b) O‘zgaruvchi belgining konkret ifodasi;
- c) O‘zgaruvchi belgining miqdorlari majmuasi;
- d) Qatorning ekstremal qiymatlari farqi.

Approksimatsiya xatosini aniqlovchi bandni ko‘rsating:

a) $\varepsilon = \frac{1}{n} \sum \left| \frac{Y_i - \bar{Y}}{Y_i} \right| * 100\%$;

b) $\varepsilon = \frac{1}{n} \sum \left| \frac{Y_i - \bar{Y}}{Y_i} \right|$;

c) $\varepsilon = \sum \left| \frac{Y_i - \bar{Y}}{Y_i} \right| * 100\%$;

d) $\varepsilon = \frac{1}{n} \sum \left| \frac{\bar{Y}}{Y_i} \right| * 100\%$.

Eng kichik kvadratlar usulidan:

- a) Dinamik qatorlarni tekislash uchun foydalaniladi;
- b) Omillar orasidagi bog‘lanish zichligini aniqlashda foydalaniladi;
- c) Dinamik qatorlardagi o‘rtacha qiymatlarni aniqlashda foydalaniladi;
- d) Omillarning o‘rtacha kvadrat chetlanishini aniqlashda foydalaniladi;

Multikollinearlik - bu:

- a) Natijaviy omil bilan ta'sir etuvchi omillar orasidagi aloqaning mavjud emasligi;
- b) Natijaviy omil bilan ta'sir etuvchi omillar orasidagi aloqaning 0 va 0,5 oralig'ida ekanligi;
- c) Ta'sir etuvchi omillar orasida zich aloqaning mavjudligi;
- d) Xususiy korrelyatsiya koeffitsienti -1 va 0 oralig'ida bo'lishi.

Variant 16

1. Ekonometrik modellarning turlari va tasnifi (ekonometrik model tushunchasi, chiziqli va chiziqsiz model, statik va dinamik, staxostik va determinatsion, funktsional va tarkibiy model).

2. Variatsion qatorlarni guruhlash (guruhlangan ma'lumotlar, Sterjdess formulasi, interval, guruhlangan qatorni o'rtachasi, dispersiyasi).

3. Masala. Berilgan ma'lumotlar asosida:

- 1. Talab hajmining narxga nisbatan ekonometrik modeli tuzilsin $Q_d = a_0 + a_1 P$
- 2. Taklif hajmining narxga nisbatan ekonometrik modeli tuzilsin $Q_s = b_0 + b_1 P$.

n	Qd	P	Qs
1	23	3	17
2	20	5	22
3	16	6	23
4	15	9	25
5	13	14	28
6	10	18	30

4. Masala

Yuqorida berilgan masala uchun quyidagilar aniqlansin:

- 1. Muvozanat narx
- 2. Muvozanat talab va muvozanat taklif hajmi
- 3. Talab va taklif hajmi uchun elastiklik koeffitsientlari.

5. Testlar

Korrelyatsion tahlil o'rganadi:

- a) O'zgaruvchi miqdorlar orasidagi o'zaro munosabatni
- b) Doimiy miqdorlar orasidagi o'zaro munosabatni
- c) O'zgaruvchi miqdorlarning real jarayonga mos kelishini
- d) O'zgarmas miqdorlarning real jarayonga mos kelishini

Modelni identsifikatsiyalash-bu:

- a) Modelning parametrlarni statistik baholash
- b) Modelning ma'lumotlar aniqligini tekshirish
- c) Modelning shaklini, tuzilishini va uning bog'lanishlar shaklini ta'riflash
- d) Kerakli statistik ma'lumotlarni yig'ish

Dispersiyani (torttirilmagan) aniqlovchi bandni ko'rsating:

a) $\sigma^2 = \frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n}$;

b) $\sigma^2 = \frac{\sum (X - \bar{X})^2 \cdot m}{\sum m}$;

c) $\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n}}$;

d) $\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2 \cdot m}{\sum m}}$.

Modelni verifikatsiyalash-bu:

- a) Modelning ma'lumotlar aniqligini tekshirish
- b) Kerakli statistik ma'lumotlarni yig'ish
- c) Modelning shaklini, tuzilishini va uning bog'lanishlar shaklini ta'riflash
- d) Modelning parametrlarni statistik baholash

Eng kichik kvadratlar usuli quyidagi formula bilan ifodalanadi:

a) $S = \sum (Y - \bar{Y}_i)^2 \rightarrow \min$

$$b) S = \sum (\bar{Y}_i - Y)^2 \rightarrow \min$$

$$c) S = \sum (Y - \bar{Y}_i)^2 \rightarrow \max$$

$$d) S = \sum (Y + \bar{Y}_i)^2$$

Variant 17

1. Korrelyatsion tahlil o'tkazishda korrelyatsiya koeffitsientini ahamiyati (asosiy matematik formulasi, o'zgarish intervallari, turlari, tahlil).

2. Diskret va uzluksiz tasodifiy miqdorlar (tasodifiy miqdor, diskret va uzluksiz tasodifiy miqdorlar, diskret tasodifiy miqdorning matematik kutilishi).

3. Masala

Berilgan ma'lumotlar asosida korrelyatsiya koeffitsienti hisoblansin va tahlil qilinsin.

N	Y	X
1	10	90
2	30	70
3	50	60
4	70	40
5	90	30
5	100	20
6	100	10

4. Masala

Yuqorida berilgan masala uchun chiziqli ko'rinishidagi $y = a_0 + a_1x$ regressiya tenglamasining parametrlari aniqlansin va iqtisodiy ta'rif berilsin.

5. Testlar

Arifmetik o'rtachani aniqlovchi bandni ko'rsating:

$$a) \bar{X} = \sum_{i=1}^n X_i ;$$

$$\text{b) } \bar{X} = n \sum_{i=1}^n X_i ;$$

$$\text{c) } \bar{X} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{n} X_i ;$$

$$\text{d) } \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i .$$

Modelni verifikatsiyalash-bu:

- a) Modelning ma'lumotlar aniqligini tekshirish
- e) Kerakli statistik ma'lumotlarni yig'ish
- f) Modelning shaklini, tuzili-shini va uning bog'lanishlar shaklini ta'riflash
- g) Modelning parametrlarni statistik baholash

Eng kichik kvadratlar usuli quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$\text{e) } S = \sum (Y - \bar{Y}_t)^2 \rightarrow \min$$

$$\text{f) } S = \sum (\bar{Y}_t - Y)^2 \rightarrow \min$$

$$\text{g) } S = \sum (Y - \bar{Y}_t)^2 \rightarrow \max$$

$$\text{h) } S = \sum (Y + \bar{Y}_t)^2$$

Styudent mezonining hisoblangan qiymati jadvaldagi qiymatidan katta bo'lsa:

- a) Regressiya tenglamasi real o'rganilayotgan iqtisodiy jarayonga mos deyiladi;
- b) Dinamik qatorlar 10% gacha xatolik bilan tekislangan deyiladi;
- c) Regressiya tenglamasining koeffitsientlari ahamiyatli deyiladi;
- d) Korrelyatsiya koeffitsienti ishonchli deyiladi.

Approksimatsiya xatosini aniqlovchi bandni ko'rsating:

$$\text{a) } \varepsilon = \frac{1}{n} \sum \left| \frac{Y_i - \bar{Y}}{Y_i} \right| * 100\%$$

$$\text{b) } \varepsilon = \frac{1}{n} \sum \left| \frac{Y_i - \bar{Y}}{Y_i} \right|$$

$$c) \varepsilon = \sum \left| \frac{Y_i - \bar{Y}}{Y_i} \right| * 100\%$$

$$d) \varepsilon = \frac{1}{n} \sum \left| \frac{\bar{Y}}{Y_i} \right| * 100\%$$

Variant 18

1. Iqtisodiy-ijtimoiy jarayonlarda bog'liklar turlarini o'rganish (korrelyatsion bog'lanish, korrelyatsiya so'zi, juft korrelyatsiya, korrelyatsion bog'lanish, korrelyatsion tahlil).

2. Ekonometrik modellarni tuzishda qatnashadigan iqtisodiy ma'lumotlarga qo'yiladigan talablar (bog'liq bo'lmagan o'zgaruvchilar, bog'liq o'zgaruvchilar, omillar soni).

3. Masala. Berilgan ma'lumotlar asosida:

1. Talab hajmining narxga nisbatan ekonometrik modeli tuzilsin $Q_d = a_0 + a_1 P$
2. Taklif hajmining narxga nisbatan ekonometrik modeli tuzilsin $Q_s = b_0 + b_1 P$.

n	Qd	P	Qs
1	20	4	8
2	18	6	10
3	12	8	12
4	10	10	13
5	7	12	16
6	6	14	18

4. Masala

Yuqorida berilgan masala uchun quyidagilar aniqlansin:

1. Muvozanat narx
2. Muvozanat talab va muvozanat taklif hajmi
3. Talab va taklif hajmi uchun elastiklik koeffitsientlari.

5. Testlar

Korrelyatsiya koeffitsienti quyidagi oraliqda o'zgaradi:

- a) $-1 \leq r_{xy} \leq 1$
- b) $0 < r_{xy} < 1$
- c) $-1 < r_{xy} < 0$
- d) $-\infty < r_{xy} < \infty$

Variant – bu:

- a) Belgining o'zgarishidir;
- b) O'zgaruvchi belgining konkret ifodasi;
- c) O'zgaruvchi belgining miqdorlari majmuasi;
- d) Qatorning ekstremal qiymatlari farqi.

Normal tenglamalar tizimi keltirilgan bandni ko'rsating:

- a)
$$\begin{cases} n \cdot a_0 + a_1 \sum t = \sum y \\ a_0 \sum t + a_1 \sum \sqrt{t} = \sum y \cdot t \end{cases}$$
- b)
$$\begin{cases} n \cdot a_0 + a_1 \sum t = \sum y \\ a_0 \sum t + a_1 \sum t^2 = \sum y \end{cases}$$
- c)
$$\begin{cases} a_0 + a_1 \sum t = \sum y \\ a_0 \sum t + a_1 \sum t^2 = \sum y \cdot t \end{cases}$$
- d)
$$\begin{cases} n \cdot a_0 + a_1 \sum t = \sum y \\ a_0 \sum t + a_1 \sum t^2 = \sum y \cdot t \end{cases}$$

Vaqtli qatorlarni tekislashda qaysi usullardan foydalaniladi:

- a) Eng kichik kvadratlar usuli
- b) O'rtacha sirgg'aluvchilar usuli
- c) Eksponentsial tekislash usuli
- d) Yuqoridagi barcha usullar

Vaqtli qatorlarni additiv modeli:

- a) $Y_t = T_t + S_t + V_t + \varepsilon_t$

- b) $Y_t = T_t \cdot S_t \cdot V_t \cdot \varepsilon_t$
 c) $Y_t = T_t \cdot S_t \cdot V_t + \varepsilon_t$
 d) Hamma javob to'g'ri

Variant 19

1. Diskret va uzluksiz tasodifiy miqdorlar (tasodifiy miqdor, diskret va uzluksiz tasodifiy miqdorlar, diskret tasodifiy miqdorning matematik kutilishi).

2. “Eng kichik kvadratlar” usuli yordamida ekonometrik modelni hisoblash (usulning mazmuni, birinchi darajali hosilalar, normal tenglamalar tizimi).

3. Masala

Berilgan ma'lumotlar asosida korrelyatsiya koeffitsienti hisoblansin va tahlil qilinsin.

N	Y	X
1	28	11
2	27	12
3	25	12
4	23	13
5	22	15
6	20	18
7	15	20

4. Masala

Yuqorida berilgan masala uchun chiziqli ko'rinishidagi $y = a_0 + a_1x$ regressiya tenglamasining parametrlari aniqlansin va iqtisodiy ta'rif berilsin.

5. Testlar

Omillar o'rtasida teskari bog'lanish mavjud – agar:

- a) $-1 < r < 0$ - bo'lsa

- b) $0 < r < 1$ - bo'lsa
- c) $r = 1,2$ - bo'lsa
- d) $r = 1$ - bo'lsa

Variatsiya – bu:

- a) Belgining o'zgarishidir;
- b) O'zgaruvchi belgining konkret ifodasi;
- c) O'zgaruvchi belgining miqdorlari majmuasi;
- d) Qatorning ekstremal qiymatlari farqi.

Vaqtli qatorlarni additiv modeli:

- a) $Y_t = T_t + S_t + V_t + \varepsilon_t$
- b) $Y_t = T_t \cdot S_t \cdot V_t \cdot \varepsilon_t$
- c) $Y_t = T_t \cdot S_t \cdot V_t + \varepsilon_t$
- d) Hamma javob to'g'ri

Qaysi banda elastiklik koeffitsientini aniqlash formulasi to'g'ri keltirilgan:

- a) $\vartheta_i = \frac{a_i}{x_i \cdot y_i}$;
- b) $\vartheta_i = a_i \cdot \frac{\bar{x}_i}{\bar{y}}$;
- c) $\vartheta_i = a_i \cdot \frac{\bar{y}}{\bar{x}_i}$;
- d) $\vartheta_i = \frac{\bar{y}}{\bar{x}_i}$.

Fisher mezonining hisoblangan qiymati jadvaldagi qiymatidan katta bo'lsa:

- a) Regressiya tenglamasi real o'rganilayotgan iqtisodiy jarayonga mos deyiladi;
- b) Dinamik qatorlar 10% gacha xatolik bilan tekislangan deyiladi;
- c) Regressiya tenglamasining koeffitsientlari ahamiyatli deyiladi;
- d) Korrelyatsiya koeffitsienti ishonchli deyiladi.

Variant 20

1. Ekonometrik model tushunchasi, turlari va undagi o'zgaruvchilar (ekonometrik model, endogen va ekzogen o'zgaruvchilar, chizikli va chiziqsiz ekonometrik modellar).

2. Eng kichik kvadratlar usuli yordamida dinamik qatorlarni tekislash (usulni ma'nosi, asosiy matematik formulasi, parabola, giperbola, darajalik funksiyalarni tuzish).

3. Masala. Berilgan ma'lumotlar asosida:

1. Talab hajmining narxga nisbatan ekonometrik modeli tuzilsin $Q_d = a_0 + a_1 P$

2. Taklif hajmining narxga nisbatan ekonometrik modeli tuzilsin $Q_s = b_0 + b_1 P$.

n	Qd	P	Qs
1	30	6	7
2	29	7	12
3	27	9	14
4	23	10	17
5	20	12	25
6	16	15	28

4. Masala

Yuqorida berilgan masala uchun quyidagilar aniqlansin:

1. Muvozanat narx

2. Muvozanat talab va muvozanat taklif hajmi

3. Talab va taklif hajmi uchun elastiklik koeffitsientlari.

5. Testlar

Omilar o'rtasida to'g'ri bog'lanish mavjud – agar:

- a) $0 < r < 1$ - bo'lsa
- b) $r = 1,2$ - bo'lsa
- c) $r = -0,2$ - bo'lsa
- d) $r = 1$ - bo'lsa

Statistikada to'planning qanday turlari mavjud?

- a) Asosiy, cheklangan;
- b) Tanlama, asosiy, cheklangan, cheksiz;
- c) Cheklangan;
- d) Cheksiz, asosiy.

Vaqtli qatorlarni tekislashda qaysi usullardan foydalaniladi:

- a) Eng kichik kvadratlar usuli
- b) O'rtacha sirg'aluvchilar usuli
- c) Eksponetsial tekislash usuli
- d) Yuqoridagi barcha usullar

Fisher mezoni quyidagini ko'rsatadi:

- a) Omilar orasidagi bog'lanish zichligini;
- b) Olingan modelning o'rganilayotgan jarayonga mosligini;
- c) Olingan modeldagi koeffitsientlarning ahamiyatliligini;
- d) Korrelyatsiya koeffitsientining ishonchliligini.

$$\varepsilon = \frac{1}{n} \sum \left| \frac{Y_i - \bar{Y}}{Y_i} \right| * 100\% - \text{bu:}$$

- a) Fisher mezoni aniqlovchi formula
- b) Approksimatsiya hatosi aniqlovchi formula
- c) Styudent mezoni aniqlovchi formula
- d) Darbin-Uotson mezoni formulasi

GLOSSARIY

Atamaning o‘zbek tilida nomlanishi	Atamaning ingliz tilida nomlanishi	Atamaning rus tilida nomlanishi	Atamaning ma’nosi
<i>Avtokorrelyatsiya</i>	<i>Autocorrelation</i>	<i>Автокорреляция</i>	keyingi darajalar bilan oldingilari o‘rtasidagi yoki haqiqiy darajalari bilan tegishli tekislangan qiymatlari o‘rtasidagi farqlar orasidagi korrelyatsiyadir.
<i>Alternativ (muqobil) gipoteza</i>	<i>Alternative hypothesis</i>	<i>Альтернативная гипотеза</i>	taqqoslanayotgan ikkita to‘plam ko‘rsatkichlari orasida muhim farq mavjud deb aytilgan taxmin. $H_1: \tilde{x}_1 \neq \tilde{x}_2$.
<i>Bashoratlash</i>	<i>Forecasting</i>	<i>Прогнозирование</i>	hodisa yoki jarayonlarning kelgusidagi mumkin bo‘lgan holatini ilmiy asoslangan holda bilish
<i>Belgi</i>	<i>Indication</i>	<i>Признак</i>	bu to‘plam birligining alomatlari, xislari va h.k.
<i>Bozor muvozanati</i>	<i>Market equilibrium</i>	<i>Рыночное равновесие</i>	bozorda taklif miqdorining talab miqdoriga teng bo‘lgan hol; taklif chizig‘i va talab chizig‘i kesishgan nuqtaga muvozanat nuqta deyiladi
<i>Bosh to‘plam</i>	<i>General population</i>	<i>Генеральная совокупность</i>	o‘rganiladigan ko‘p hajmli birliklar majmuasidir.
<i>Variatsiya</i>	<i>Variation</i>	<i>Вариация</i>	bu qator hadlarining tebranuvchanligi, varianta qiymatlarining o‘zgaruvchanligidir.
<i>Variatsiya kengligi</i>	<i>Variation range</i>	<i>Вариационный размах</i>	taqsimot qatorining eng katta va eng kichik variantalari orasidagi farqdir
<i>Darbin-Uotson mezon</i>	<i>Durbin-Watson test</i>	<i>Критерий Дарбин-Уотсона</i>	vaqtli qatorlarda avtokorrelyatsiyani aniqlash uchun qo‘llaniladigan shartli

			ko'rsatkich
<i>Determinatsiya ko'effitsienti</i>	<i>Coefficient of determination</i>	<i>Коэффициент детерминации</i>	natijaviy belgi o'zgaruvchanligining qaysi qismi X-omil ta'siri ostida vujudga kelishini ko'rsatadi
<i>Dinamik qator</i>	<i>Time series</i>	<i>Динамический ряд</i>	bu hodisani vaqt bo'yicha o'zgarishini ko'rsatuvchi sonlar qatori
<i>Dispersiya</i>	<i>Dispersion</i>	<i>Дисперсия</i>	bu qator variantalari qiymatlari bilan ularning arifmetik o'rtachasi orasidagi tafovutlar kvadratlaridan olingan arifmetik o'rtachadir
<i>Iqtisodiy model</i>	<i>Economic model</i>	<i>Экономическая модель</i>	iqtisodiy ob'ektlarning soddalashtirilgan nusxasi
<i>Iqtisodiy o'sish</i>	<i>Economic growth</i>	<i>Экономический рост</i>	ishlab chiqarishda foydalaniladigan resurslar miqdorini oshirish yoki texnologiyani takomillashtirish orqali jamiyatning ishlab chiqarish imkoniyatlarini kengaytiradi
<i>Ishlab chiqarish funktsiyasi</i>	<i>Production function</i>	<i>Производственная функция</i>	ishlab chiqarilgan mahsulot miqdori bilan shu mahsulotni ishlab chiqarishdagi sarflangan ishlab chiqarish omillari miqdori o'rtasidagi bog'liqlikni ifodalovchi matematik funktsiya
<i>Kobba-Duglas ishlab chiqarish funktsiyasi</i>	<i>Cobb-Douglas' Production function</i>	<i>Производственная функция Кобба-Дугласа</i>	iqtisodiyot rivojlanishini tahlil qilishda foydalaniladigan darajali ko'rinishidagi funktsiya.
<i>Korrelyatsion bog'lanish</i>	<i>Correlation dependence</i>	<i>Корреляционная зависимость</i>	bu shunday to'liqsiz bog'lanishki, unda omillarning har bir qiymatiga turli zamon va makon sharoitlarida natijaning har xil qiymatlari mos keladi
<i>Korrelyatsion-regression model</i>	<i>Correlation-regression model</i>	<i>Корреляционно-регрессионная модель</i>	bu o'rganilayotgan hodisalar orasidagi bog'lanishni natijaviy belgi bilan muhim omillar o'rtasidagi ishonchli miqdoriy nisbatlar
<i>Korrrelyatsion tahlil</i>	<i>Correlation analysis</i>	<i>Корреляционный анализ</i>	hodisalar orasidagi bog'lanish zichlik darajasini baholash usulidir..
<i>Mavsumiy tebranish</i>	<i>Seasonal fluctuation</i>	<i>Сезонное колебание</i>	ayrim fasl va oylarda ko'p yillik qatorlarda muntazam ravishda kuzatiladigan barqaror tebranishlardir

<i>Mediana</i>	<i>Median</i>	<i>Медиана</i>	bu to'plamni teng ikki qismga bo'luvchi belgi qiymatidir
<i>Moda</i>	<i>Mode</i>	<i>Мода</i>	to'plamda eng ko'p uchraydigan belgi qiymatidir
<i>Model</i>	<i>Model</i>	<i>Модель</i>	lotincha <i>modulus</i> so'zidan olingan bo'lib, o'lchov, me'yor degan ma'nolarni anglatadi
<i>Modelning adekvatligi</i>	<i>Model adequacy</i>	<i>Адекватность модели</i>	modelning modellashtirilayotgan ob'ekt yoki jarayonga mos kelishi
<i>Multikollinearlik</i>	<i>Multicollinearity</i>	<i>Мультиколлинеарность</i>	umumiy natijaga birgalikda ta'sir etuvchi omillar o'rtasidagi zich korrelyatsion bog'liqlik.
<i>Regression tahlil</i>	<i>Regression analysis</i>	<i>Регрессионный анализ</i>	natijaviy belgiga ta'sir etuvchi omillarning samaradorligini aniqlab beruvchi usul.
<i>Statistik gipoteza</i>	<i>Statistical hypothesis</i>	<i>Статистическая гипотеза</i>	tanlanma ma'lumotlari asosida tekshirish mumkin bo'lgan bosh to'plam xossasi haqida oldindan aytilgan ilmiy taxmindir.
<i>Stoxastik yoki statistik qonunlar</i>	<i>Stochastic and statistical laws</i>	<i>Стохастические или статистические законы</i>	bu bir turli hodisalarni ommaviy takrorlanishida namoyon bo'ladigan qonunlar
<i>Taklif</i>	<i>Offer</i>	<i>Предложение</i>	bu ishlab chiqaruvchilar va sotuvchilar tomonidan berilgan narxlarda sotilishi mumkin bo'lgan tovarlar miqdori
<i>Taklif funksiyasi</i>	<i>Supply function</i>	<i>Функция предложения</i>	taklifga ta'sir qiluvchi omillar miqdori bilan taklif miqdori urtasidagi bog'liqlikni ifodalovchi matematik bog'liqlik
<i>Talab</i>	<i>Demand</i>	<i>Спрос</i>	berilgan narxlarda xaridorlar tomonidan sotib olinishi mumkin bo'lgan tovarlar miqdori
<i>Talab funksiyasi</i>	<i>Demand function</i>	<i>Функция спроса</i>	talabga ta'sir diluvchi omillar miqdori bilan talab miqdori urtasidagi bog'liqlikni ifodalovchi matematik bog'liqlik
<i>Tanlanma</i>	<i>Sampling</i>	<i>Выборка</i>	bu o'rganilayotgan to'plamdan saylab olingan birliklar majmuasidir, ularning har biri ushbu to'plamning tarkibiy elementi.
<i>Tasodifiy miqdor</i>	<i>Random variable</i>	<i>Случайная величина</i>	sinov natijasida, avvaldan e'tiborga olib bo'lmaydigan tasodifga bog'liq holda, o'zining mumkin bo'lgan qiymatlaridan birini qabul qiladigan (aynan qaysisi ekani avvaldan ma'lum

			bo'lmagan) o'zgaruvchi tushuniladi
<i>Tasodifiy miqdorning taqsimot qonuni</i>	<i>The law of the random variable distribution</i>	<i>Закон распределения случайной величины</i>	tasodifiy miqdor qabul qilishi mumkin bo'lgan qiymatlari bilan ularning mos ehtimollarini bog'laydigan biror munosabat
<i>Tasodifiy hodisa</i>	<i>Random event</i>	<i>Случайное событие</i>	sinov natijasida ro'y berishi yoki ro'y bermasligi mumkin bo'lgan har qanday fakt
<i>Taqsimot qatorlari</i>	<i>Rows of distribution</i>	<i>Ряды распределения</i>	to'plam birliklarini ma'lum belgilar asosida guruhlarga (qismlarga) bo'linishi
<i>To'plam birligi</i>	<i>Unit in the aggregate</i>	<i>Единица совокупности</i>	to'plamda kuzatish talab etiladigan element
<i>Uzluksiz tasodifiy miqdor</i>	<i>Continuous variate</i>	<i>Непрерывная случайная величина</i>	qabul qiladigan cheksiz ko'p qiymatlari sonlar o'qidagi biror chekli yoki cheksiz oralikni tashkil qiluvchi miqdor
<i>Umumiy muvozanatlik</i>	<i>Ceneral equilibrium</i>	<i>Общее равновесие</i>	barcha bozorlarning o'zaro bir-biriga ta'siri natijasida o'rnatiladigan muvozanatlik. Barcha bozorlarni muvozanat holatda bo'lishi. Bunda biror bozorda muvozanatlik buzulsa boshqa bozorlarda ham muvozanatlik buziladi
<i>Funksional bog'lanish</i>	<i>Functional dependence</i>	<i>Функциональная зависимость</i>	bu shunday to'liq bog'lanishki, unda bir belgi yoki belgilar o'zgarish qiymatiga har doim natijaning ma'lum me'yorda o'zgarishi mos keladi.
<i>Xususiy regressiya koeffitsienti</i>	<i>Partial coefficient of regression</i>	<i>Частный коэффициент регрессии</i>	muayyan omilning natijaviy belgi variatsiyasiga ta'sirini omillar o'zaro bog'lanishidan «tozalangan» holda o'lchaydi.
<i>Ekstsess</i>	<i>Excess</i>	<i>Экссесс</i>	taqsimot bo'yicha cho'ziluvchanlik yoki yassilik bo'lib, uning me'yori to'rtinchi momentning to'rtinchi darajali kvadratik o'rtacha tafovutga nisbatidan iborat.
<i>Elastiklik</i>	<i>Elasticity</i>	<i>Эластичность</i>	talab va taklifga ta'sir qiluvchi omillarning o'zgarishi natijasida ularni qanchaga o'zgarishi tushuniladi (narxni, daromadi, iste'molchilar soni va xokazo)
<i>Elastiklik koeffitsienti</i>	<i>Elasticity coefficient</i>	<i>Коэффициент эластичности</i>	omil belgining 1% ga o'zgarganda natija qancha foizga o'zgarishini aniqlaydi.
<i>Eng kichik</i>	<i>Least-squares</i>	<i>Метод</i>	dinamik qatorlarni tekislash

<i>kvadratlar usuli</i>	<i>method</i>	<i>наименьших квадратов</i>	hamda tasodifiy miqdorlar o'rtasida bog'lanishning korrelyatsion shaklini aniqlash usulidir
<i>Erkinlik darajalar soni</i>	<i>Degrees of freedom</i>	<i>Степени свободы</i>	to'plam ko'rsatkichlarini topishda qatnashadigan hech qanday bog'lovchi shartlarga ega bo'lmagan erkin miqdorlar sonidir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Шодиев Т.Ш. ва бошқалар. Эконометрика. –Т.: ТДИУ, 2007. –270 б.
2. Dougherty, Christopher. Introduction to Econometrics. Oxford University Press, 2011, 2006 (4th or 3rd edition) (CD). Russian translation: Доугерти Кр. Введение в эконометрику. Изд.3. М., ИНФРА-М, 2009.
3. Dougherty, Christopher. Elements of econometrics. Study Guide. University of London. 2011.
4. Gujarati D.N. Basic Econometrics. McGraw-Hill, 4th edition, 2003 (Gu); 5th edition (2009, Gujarati D.N., and D.C.Porter).
5. Абдуллаев О.М., Ходиев Б.Ю., Ишназаров А.И. Эконометрика. Учебник. – Т.: Fan va texnologiya. 2007. – 612 с.
6. Абдуллаев О.М., Жамалов М.С. Эконометрическое моделирование. Учебник. –Т.: Fan va texnologiya. 2010. – 612 с.
7. Елисеева И.И., Курышева С.В. и др. Эконометрика: Учебник.–М.: Финансы и статистика, 2007. –260 с.
8. Кремер Н.Ш. Эконометрика: Учебник. –М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2008. – 562 с.
9. Greene W.H. Econometric Analysis. Prentice Hall int. 5th ed., 2003, and earlier editions (Gr).
10. Бабешко Л.О. Основы эконометрического моделирования: Учебное пособие. –М.: КомКнига, 2010. – 520 с.
11. Гладилин А.В. Эконометрика: Учебное пособие.–М.: КНОРУС, 2006. – 250 с.
12. Ильченко А.Н. Экономико-математические методы. Учебное пособие. –М.: Финансы и статистика, 2007. –210 с.
13. Кундышева Е.С. Математическое моделирование в экономике: Учебное пособие. /под науч. ред. проф. Б.А. Сулакова. – М.: изд. «Дашков и К°», 2006. –410 с.
14. Фандеева Л.Н., Лебедев А.В. Теория вероятностей. Учебное пособие.–М.: Эксмо, 2010. – 382 с.

**Ishnazarov Akram Ismoilovich,
Nurullaeva Shaxnoza Toxtasinovna,
Xomidov Soxibmalik Olimovich**

EKONOMETRIKAGA KIRISH

DARSLIK

Toshkent - 2021