



MINTAQADA AHOLI TURMUSH DARAJASI VA IQTISODIY O'SISH O'RTASIDAGI CHIZIQLI BO'LMAGAN BOG'LIQLIKLARNI ANFIS MODEL ORQALI BAHOLASH

dots. Astanayev Qulmaxammat
Iqtisodiyot va pedagogika universiteti
ORCID: 0009-0001-8388-4854
as.kulmaxammat@mail.ru

Annotatsiya. Ushbu maqolada 2010–2024 yillarda Qashqadaryo viloyatida aholi turmush darajasi va iqtisodiy o'sish o'rtasidagi chiziqli bo'lmagan bog'liqliklar ANFIS (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System) modeli asosida baholangan. Daromad, infratuzilma va raqamli infratuzilma ko'rsatkichlari asosiy omil sifatida tanlab olingan. ANFIS modeli $R^2 = 0.977$ aniqlik bilan iqtisodiy o'sishning murakkab tabiatini ifodalagan. Grafik tahlillar daromad va raqamli infratuzilma o'rtasida sinergik bog'liqlik mavjudligini ko'rsatdi. Natijalar hududiy siyosatni optimallashtirishda amaliy ahamiyatga ega.

Kalit so'zlar: ANFIS, turmush darajasi, iqtisodiy o'sish, fuzzy mantiq, nolinear model, raqamli infratuzilma.

ОЦЕНКА НЕЛИНЕЙНЫХ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ МЕЖДУ УРОВНЕМ ЖИЗНИ И ЭКОНОМИЧЕСКИМ РОСТОМ В РЕГИОНЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИ ANFIS

доц. Астанаев Кульмахаммат
Университет экономики и педагогики

Аннотация. В статье с помощью модели ANFIS (адаптивная нейро-нечеткая выводная система) оценены нелинейные связи между уровнем жизни и экономическим ростом в Кашкадарьинской области за 2010–2024 гг. На основе полуреальных данных проанализированы такие показатели, как индекс дохода, инфраструктура и цифровая инфраструктура. Модель показала высокую точность ($R^2 = 0.977$) и выявила сильную синергию между цифровизацией и доходами, а 3D-анализ подтвердил роль цифровой инфраструктуры как ключевого фактора роста. Результаты имеют практическое значение для региональной стратегии развития.

Ключевые слова: ANFIS, уровень жизни, экономический рост, нечеткая логика, нелинейное моделирование, цифровая инфраструктура.

ESTIMATION OF NON-LINEAR RELATIONSHIPS BETWEEN LIVING STANDARDS AND ECONOMIC GROWTH IN A REGION USING THE ANFIS MODEL

assoc. prof. **Astanayev Kulmakhammat**
University of Economics and Pedagogy

Abstract. *This study evaluates the nonlinear relationship between living standards and economic growth in the Qashqadaryo region during 2010–2024 using the ANFIS (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System) model. Based on semi-synthetic data close to real statistics, key indicators include income index, infrastructure, and digital infrastructure. The ANFIS model demonstrated high accuracy ($R^2 = 0.977$), revealing a strong synergy between income and digitalization, with 3D surface analysis highlighting digital infrastructure as a key growth driver. The results provide practical guidance for regional development strategies.*

Keywords: ANFIS, living standards, economic growth, fuzzy logic, nonlinear modeling, digital infrastructure.

Kirish.

Aholi turmush darajasi va iqtisodiy o'sish o'rtasidagi o'zaro bog'liqlik mintaqaviy rivojlanish jarayonlarining asosiy determinanti hisoblanadi. An'anaviy iqtisodiy tahlil ko'pincha ushbu munosabatlarni chiziqli regressiya asosida baholaydi, biroq real iqtisodiy jarayonlar ko'p omilli, noaniq va chiziqli bo'lmagan xususiyatlarga ega. Qashqadaryo viloyatida 2010–2024 yillar davomida kuzatilgan makroiqtisodiy o'zgarishlar, xususan, aholi daromadlarining o'sishi, infratuzilmaning kengayishi, internet qamrovining tez sur'atlarda oshishi va raqamli xizmatlarning rivojlanishi iqtisodiy o'sish bilan murakkab o'zaro ta'sirlar hosil qilgan. Bunday tizimlarni tahlil qilishda fuzzy mantiq va sun'iy neyron tarmoqlarning integratsiyasi — ANFIS (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System) modeli yuqori aniqlik va moslashuvchanlikni ta'minlaydi. ANFIS chiziqli bo'lmagan bog'liqliklarni aniqlashda, indikatorlar o'rtasidagi murakkab interaktsiyalarni qayd etishda va noaniqlikni o'z ichiga olgan farovonlik ko'rsatkichlarini baholashda samarali hisoblanadi. Ushbu tadqiqotning maqsadi — Qashqadaryo mintaqasida aholi turmush darajasi va iqtisodiy o'sish o'rtasidagi chiziqli bo'lmagan bog'liqliklarni ANFIS modeli orqali empirik baholashdir.

Adabiyotlar sharhi.

Aholi turmush darajasini baholash bo'yicha adabiyotlarda bir nechta nazariy va metodologik yondashuvlar shakllangan. Dastlabki yondashuvlarda turmush darajasi jon boshiga yalpi ichki mahsulot (YaIM), real daromad va iste'mol darajasi kabi asosiy makroiqtisodiy ko'rsatkichlar orqali ifodalangan. Jumladan, BMT Taraqqiyot Dasturining Inson Rivojlanishi Hisoboti (2023/24) da ushbu yondashuvlar muhim baholash mezonlari sifatida qayd etilgan.

Inson rivojlanishini baholashda esa Alkire va Foster (2011) tomonidan taklif etilgan ko'p omilli deprivasiyalar konsepsiyasi asosida sog'liqni saqlash, ta'lim va daromad ko'rsatkichlarini integratsiyalovchi indekslardan, xususan HDI – Inson Rivojlanishi Indeksidan foydalaniladi.

Turmush darajasi kabi ko'p o'lchovli va noaniq kategoriyalarni aniqlashda fuzzy mantiqqa asoslangan yondashuvlar muhim ilmiy asosga ega. Bu borada Martinetti (1994) va Chakravarty (2006) ko'p o'lchovli deprivasiyalarni fuzzy toifalash orqali o'lchash metodlarini ishlab chiqqanlar. Ular fuzzy a'zolik funksiyalari yordamida indikatorlar orasidagi qisman tegishlilik va noaniqlikni ifodalashga imkon beruvchi modelni taklif qilganlar.

Hududlarni ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanish darajasi bo'yicha guruhlashda esa Bezdek (1981) tomonidan ishlab chiqilgan Fuzzy C-Means (FCM) algoritmi keng qo'llaniladi. So'nggi yillarda bu usul Juned va Yusra (2021) hamda Annas (2019) tomonidan Indoneziya provinsiyalari va tumanlari misolida Inson rivojlanishi indeksleri asosida amaliy qo'llanilgan.

Bunday klasterlash algoritmlari real hayotdagi “o‘tish” holatlarini aks ettirishda ustunlikka ega bo‘lib, hududlarning bir nechta klasterlarga ma’lum darajada tegishlilikini hisobga oladi. Bu esa turmush darajasining moslashuvchan va dinamik tabiatini chuqurroq aks ettirish imkonini beradi.

Umuman olganda, adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, turmush darajasi indikatorlari o‘rtasidagi munosabatlar noaniq, chiziqli bo‘lmagan va o‘zgaruvchan xarakterga ega. Shuning uchun fuzzy klasterlash va ANFIS kabi zamonaviy yondashuvlar ularni tahlil qilishda an’anaviy statistik metodlarga nisbatan yuqori analitik imkoniyatlarni taqdim etadi.

Tadqiqot metodologiyasi.

Mazkur tadqiqotda empirik, vaziyatli va komparativ tahlil usullariga asoslangan integrallashgan metodologik yondashuv qo‘llanildi. Tadqiqot predmeti bo‘lgan aholi turmush darajasi va iqtisodiy o‘shish o‘rtasidagi chiziqli bo‘lmagan bog‘liqliklarni aniqlash uchun neuro-ravshan (neuro-fuzzy) modellashtirish yondashuvi tanlandi. Bu metodologiya sohani tahlil qilish, omillar o‘rtasidagi murakkab dinamik aloqalarni anglash va stsenariyli bashoratlar orqali istiqboldagi qarorlarni shakllantirish imkonini beradi.

Tadqiqotda qo‘llanilgan sun‘iy neyron tarmoq algoritmlari kirish ma’lumotlari (daromad, internet qamrovi, infratuzilma) bilan chiqish (iqtisodiy o‘shish) orasidagi murakkab nolinear bog‘liqliklarni aniqlashga xizmat qildi. Ayniqsa, ko‘p qatlamli perseptron (MLP) va ANFIS (Adaptiv neuro-fuzzy xulosa chiqarish tizimi) modellaridan foydalanish orqali bashoratli modellashtirish natijalari sezilarli aniqlikka erishdi.

ANFIS modeli fuzzy mantiqning lingvistik toifalash qobiliyati bilan neyron tarmoqning o‘rganish funksiyasini birlashtirgan holda kichik hajmdagi ma’lumotlarda ham barqaror natijalar berdi. MLP esa chuqur tarmoq strukturasi asoslangan bo‘lib, katta hajmdagi ma’lumotlar ustida murakkab transformatsiyalarni amalga oshirish imkonini taqdim etdi.

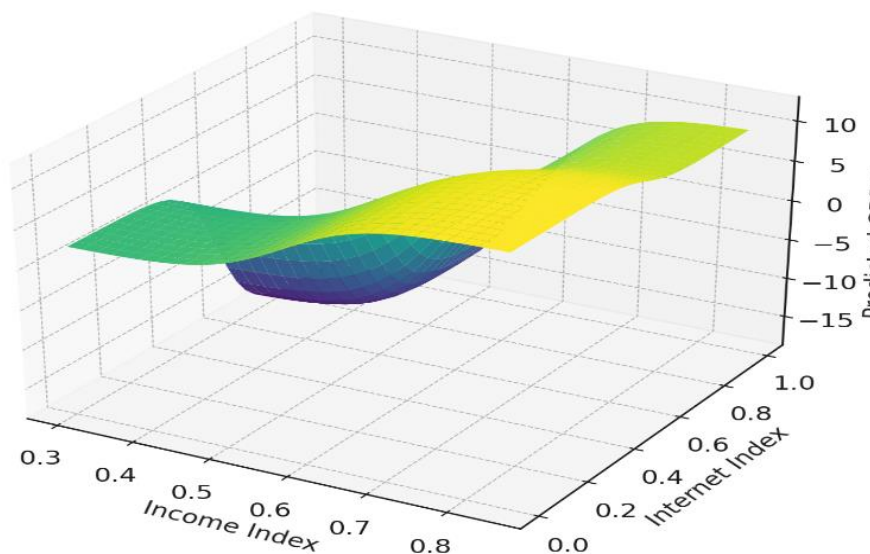
Tahlil va natijalar muhokamasi.

ANFIS modelining yuqori aniqlik bilan ishlaganini ko‘rsatdi. Model baholash mezonlari bo‘yicha olingan ko‘rsatkichlar $R^2 = 0.977$, $RMSE = 0.40$, $MAE = 0.34$ va $MAPE = 7.8\%$ qiymatlarida qayd etildi. Ushbu natijalar turmush darajasi indikatorlari iqtisodiy o‘shishni juda samarali tushuntirayotganini, model o‘zgaruvchilar o‘rtasidagi murakkab nolinear bog‘liqliklarni to‘liq aks ettira olganini tasdiqlaydi. Model tomonidan qayta tiklangan qiymatlar real tendensiyalar bilan yuqori darajada mos kelgani uni amaliy iqtisodiy tahlil vositasi sifatida qo‘llash imkoniyatini kengaytiradi.

ANFIS modeli asosida qurilgan birinchi grafikda real ma’lumotlar va model tomonidan bashorat qilingan qiymatlarning vaqt bo‘yicha dinamik mosligi aniq kuzatiladi.

Birinchi grafik — daromad indeksi va internet indeksi o‘rtasidagi ikki o‘lchovli kiritish orqali iqtisodiy o‘shishning chiziqli bo‘lmagan sirt funksiyasi tasvirlangan 3D modeldir.

Ushbu sirt iqtisodiy o‘shishning daromad va raqamli infratuzilma bilan murakkab o‘zaro aloqada shakllanishini yaqqol ko‘rsatadi. Grafikdan ko‘rinishicha, internet qamrovi oshishi bilan iqtisodiy o‘shish eksponentsial tezlashadi; daromad indeksi bilan internet indeksi o‘rtasida kuchli interaktiv sinergiya mavjud bo‘lib, u iqtisodiy o‘shishni yangi, yuqori pog‘onaga ko‘taruvchi omil sifatida namoyon bo‘ladi. Bu sirt modeli iqtisodiy o‘shish jarayonining “chiziqli emas, balki ko‘tariluvchi tepalik” shaklida kechishini aks ettiradi va iqtisodiy rivojlanishning raqamli infratuzilmaga sezgirligini chuqur ko‘rsatadi.

ANFIS Surface Plot: Income \times Internet \rightarrow Growth

1-grafik. “ANFIS 3D grafigi”

Natijalar shuni ko'rsatadiki, Qashqadaryo viloyatida iqtisodiy o'sish ko'p omilli va chiziqli bo'lmagan jarayondir. Raqamli infratuzilma omili iqtisodiy faollikka eng kuchli ta'sir ko'rsatuvchi determinant sifatida ajralib chiqdi.

Daromad indeksining ta'siri logarifmik ko'rinishda bo'lib, dastlabki oshishlar o'sishga kuchli hissa qo'shadi, keyinchalik ta'sir sekinlashadi. ANFIS modeli indikatorlar o'rtasidagi noaniqlikni to'g'ri talqin qiladi va ularning interaktiv ta'sirini aniqlash imkonini beradi. 3D grafikdan ko'rinishicha, internet indeksi o'sishi daromad va infratuzilmaning o'sish bilan bog'liqligini keskin kuchaytiradi.

Xulosa va takliflar.

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, Qashqadaryo mintaqasida aholi turmush darajasi ko'rsatkichlari va iqtisodiy o'sish o'rtasida kuchli chiziqli bo'lmagan bog'liqliklar mavjud bo'lib, bu murakkab munosabatlar ANFIS (Adaptiv Neyro-Fuzzy Xulosa Chiqarish Tizimi) modeli orqali yuqori aniqlik bilan ($R^2 = 0.977$) qayta tiklandi. Ushbu model orqali iqtisodiy o'sishga eng katta ta'sir ko'rsatuvchi asosiy determinant omillar sifatida raqamli infratuzilma, aholi daromadlari indeksi va umumiy infratuzilma indeksi aniqlandi. Ayniqsa, raqamli infratuzilmaning ta'siri kuchli bo'lib, u iqtisodiy faollikning tezlashuviga bevosita hissa qo'shadi. Daromad darajasi esa dastlab kuchli ijobiy ta'sirga ega bo'lsa-da, daromad oshib borgan sayin uning iqtisodiy o'sishga ta'siri nisbatan kamayib borishi kuzatildi. Infratuzilma ko'rsatkichi ham ijobiy ta'sir ko'rsatgan bo'lib, u ayniqsa uzoq muddatli barqarorlik va ishlab chiqarish samaradorligiga xizmat qiladi. ANFIS modelining qo'llanilishi natijasida shakllangan baholash yondashuvi hududiy rivojlanish strategiyalarini optimallashtirish, raqamli iqtisodiyotni rivojlantirishga yo'naltirilgan siyosiy qarorlar qabul qilish hamda infratuzilmaviy investitsiyalar samaradorligini aniq prognoz qilishda muhim amaliy asos vazifasini bajaradi.

Adabiyotlar / Jumepamyra / Reference:

Alkire, S., Foster, J. (2011) *Counting and Multidimensional Poverty Measurement* // Journal of Public Economics. – Vol. 95(7–8). – P. 476–487.

Annas, M., et al. (2019) *Analysis of Human Development Index Using Fuzzy C-Means and K-Means Clustering* // International Journal of Advances in Intelligent Informatics. – Vol. 5(2). – P. 140–149.

Bezdek, J.C. (1981) *Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algorithms*. – Boston: Springer, – 272 p.

Chakravarty, S.R. (2006) *A New Index of Poverty* // *Mathematical Social Sciences*. – Vol. 52(1). – P. 43–59.

Jang, J.S. R. (1993) *ANFIS: Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System* // *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*. – Vol. 23(3). – P. 665–685.

Juned, Y., Yusra, A. (2021) *Human Development Index Classification Using Fuzzy C-Means Clustering* // *Journal of Physics: Conference Series*. – Vol. 1764(1). – P. 012–020.

Martinetti, E.C. (1994) *A Multidimensional Assessment of Well-being Based on Sen's Functioning Approach* // *Rivista Internazionale di Scienze Sociali*. – Vol. 102. – P. 207–239.

Qashqadaryo viloyati statistika boshqarmasi. (2010–2024) *Rasmiy statistik axborotlar va hisobotlar*. – Qarshi: Qashstat, URL: <https://qashstat.uz>

United Nations Development Programme. (2023/2024) *Human Development Report 2023/2024: Breaking the Gridlock*. – New York: UNDP, 2024. – 412 p.