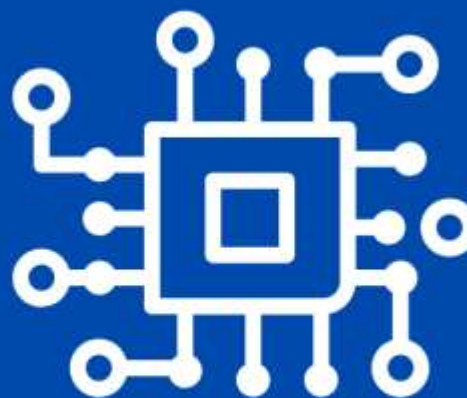




TECH SCIENCE

ISSN 3030-3702

**TEXNIKA FANLARINING
DOLZARB MASALALARI**

**TOPICAL ISSUES OF TECHNICAL
SCIENCES**



№ 3 (3) 2025

TECHSCIENCE.UZ

№ 3 (3)-2025

**TEXNIKA FANLARINING DOLZARB
MASALALARI**

**TOPICAL ISSUES
OF TECHNICAL SCIENCES**

TOSHKENT-2025

BOSH MUHARRIR:

KARIMOV ULUG'BEK ORIFOVICH

TAHRIR HAY'ATI:

Usmankulov Alisher Kadirkulovich - Texnika fanlari doktori, professor, Jizzax politexnika universiteti

Fayziyev Xomitxon – texnika fanlari doktori, professor, Toshkent arxitektura qurilish instituti;

Rashidov Yusuf Karimovich – texnika fanlari doktori, professor, Toshkent arxitektura qurilish instituti;

Adizov Bobirjon Zamirovich– Texnika fanlari doktori, professor, O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti;

Abdunazarov Jamshid Nurmuxamatovich - Texnika fanlari doktori, dotsent, Jizzax politexnika universiteti;

Umarov Shavkat Isomiddinovich – Texnika fanlari doktori, dotsent, Jizzax politexnika universiteti;

Bozorov G'ayrat Rashidovich – Texnika fanlari doktori, Buxoro muhandislik-texnologiya instituti;

Maxmudov MUxtor Jamolovich – Texnika fanlari doktori, Buxoro muhandislik-texnologiya instituti;

Asatov Nurmuxammat Abdunazarovich – Texnika fanlari nomzodi, professor, Jizzax politexnika universiteti;

Mamayev G'ulom Ibroximovich – Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), Jizzax politexnika universiteti;

Ochilov Abduraxim Abdurasulovich – Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), Buxoro muhandislik-texnologiya instituti.

OAK Ro'yxati

Mazkur jurnal O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasi Rayosatining 2025-yil 8-maydagi 370-son qarori bilan texnika fanlari bo'yicha ilmiy darajalar yuzasidan dissertatsiyalar asosiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlar ro'yxatiga kiritilgan.

Muassislar: "SCIENCEPROBLEMS TEAM" mas'uliyati cheklangan jamiyati;
Jizzax politexnika insituti.

**TECHSCIENCE.UZ- TEXNIKA
FANLARINING DOLZARB MASALALARI**
elektron jurnali 15.09.2023-yilda
130343-sonli guvohnoma bilan davlat
ro'yxatidan o'tkazilgan.

TAHRIRIYAT MANZILI:

Toshkent shahri, Yakkasaroy tumani, Kichik
Beshyog'och ko'chasi, 70/10-uy.
Elektron manzil:
scienceproblems.uz@gmail.com

Barcha huqular himoyalangan.

© Sciencesproblems team, 2025-yil

© Mualliflar jamoasi, 2025-yil

MUNDARIJA

<i>Muxamediyeva Dildora, Abdiraximov Amriddin</i> MIYA O'SIMTALARINI MRI VA KT TASVIRLAR TO'PLAMLARINI SHAKLLANTIRISH HAMDA OLDINDAN ISHLOV BERISH	6-12
<i>Jo'rayev Zafar, Ruziyev Nodirbek</i> DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT MEDICAL ROBOT FOR ULTRASOUND DIAGNOSTIC STUDIES	13-19
<i>Nurullaev Mirkhon</i> ASSESSMENT OF CRYPTOGRAPHIC KEY GENERATION SYSTEMS USING DREAD AND STRIDE THREAT METHODOLOGIES	20-28
<i>Косимов Мухиддин</i> ПЕРСПЕКТИВЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕДР С УЧЕТОМ ЗАРУБЕЖНОГО ОПЫТА ОЦЕНКИ ПОТЕРЬ И РАЗУБОЖИВАНИЯ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ РУД	29-36
<i>Jumayev Odil, Xolov Abduaziz, Raxmatov Doston</i> O'LGASH VOSITALARINI QIYOSLASH VA KALIBRLASH JARAYONINI DASTURIY TA'MINOT YORDAMIDA AVTOMATLASHRISHNING AHAMIYATI VA AFZALLIKLARI.....	37-42
<i>Sobirov Muzaffarjon, Abdijabborov G'Ayratjon</i> ENERGETIKA OBYEKTLARINI QOZON AGREGATLARINING ISH REJIMLARINI OPTIMAL BOSHQARISH TIZIMLARINI SINTEZI	43-47
<i>Жуманазаров Акмал, Эгамбердиев Илхом, Очилов Элбек, Очилов Улугбек</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРА ДВИЖЕНИЯ ИЗМЕЛЬЧАЕМОГО МАТЕРИАЛА В РАБОЧЕМ ПРОСТРАНСТВЕ МЕЛЬНИЦЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ИЗНОС ДЕТАЛЕЙ ГОРНО-РАЗМОЛЬНЫХ МАШИН	48-57
<i>Кобулов Мухаммаджон</i> ЛОГИСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОРГАНИЗАЦИИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ТЕРМИНАЛА И СКЛАДА	58-64
<i>Almataev Tojiboy, Zokirjonov Azizbek</i> A COMPARATIVE STUDY OF REGENERATIVE BRAKING EFFICIENCY BETWEEN AUTOMATED AND HUMAN DRIVEN ELECTRIC VEHICLES TO MINIMIZE BATTERY DEGRADATION	65-76
<i>Komilov Asror, Qodirov Tuyg'un</i> "TOSHSANAHARTRANSXIZMAT" JAMOAT TRANSPORTI BO'LINMALARI FAOLIYATINING SAMARADORLIGINI BAHOLASH: 2020–2023 YILLAR MISOLIDA.....	77-92
<i>Джаббарова Нигина</i> СЦЕНАРНАЯ ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ, УЩЕРБА И УЯЗВИМОСТИ ГОРОДСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ С ПОМОЩЬЮ МНОГОСТОРОННЕГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ	93-98

Axmedov Barxayot, Shukurova Karomat, Utegenova Mahliya, Saydullayeva Dildora
ME'MORIY OBIDALARDA UCHRAYDIGAN DEFECT, SHIKASTLANISH VA DEFORMATSIYA
HOLATLARINING TAHLILI VA ULARNI QAYTA TIKLASHDAGI MUAMMOLAR..... 99-105

G'ulomov Islombek
EKOLOGIK MONITORING VA PROGNOZLASH
USULLARINI GAT ASOSIDA RIVOJLANTIRISH..... 106-116

“TOSHHAHARTRANSXIZMAT” JAMOAT TRANSPORTI BO‘LINMALARI FAOLIYATINING SAMARADORLIGINI BAHOLASH: 2020–2023 YILLAR MISOLIDA

Komilov Asror Akmalovich

Biznes va tadbirkorlik oliy maktabi tayanch doktoranti

Qodirov Tuyg‘un Uzoqovich

Biznes va tadbirkorlik oliy maktabi dotsenti

Annotatsiya: Ushbu tadqiqotda Toshkent shahrida jamoat transporti xizmatlarini ko‘rsatuvchi “Toshshahartransxizmat” korxonasi faoliyati samaradorligi tahlil qilindi. Qaror qabul qiluvchi birliklar (DMU) sifatida korxona tarkibidagi 8 ta avtobus saroyi tanlab olindi hamda 2020–2023 yillar oralig‘idagi ma‘lumotlar asosida tahlil qilindi. Panel-korreksiya qilingan standart xatoliklar (PCSE) regressiyasi usuli yordamida natijaviy ko‘rsatkichlarga eng katta ta‘sir ko‘rsatuvchi kirish (input) omillari aniqlanib, ularning statistik ahamiyati baholandi. Olingan natijalar asosida Data Envelopment Analysis (DEA) modeli qo‘llanilib, samaradorlik ko‘rsatkichlari hisoblab chiqildi. Ushbu model samaradorligi past bo‘lgan DMUlarning faoliyatini yuqori samarali muqobillarga moslashtirish orqali ularning natijalarini yaxshilash imkonini beradi.

Kalit so‘zlar: samaradorlik, DEA usuli, jamoat transporti, regressiya modeli, “Toshkentshahartransxizmat”

EVALUATING THE OPERATIONAL EFFICIENCY OF “TOSHHAHARTRANSXIZMAT” PUBLIC TRANSPORT UNITS: A CASE STUDY FOR THE YEARS 2020–2023

Komilov Asror Akmalovich

Basic doctoral student of the Graduate School of Business and Entrepreneurship.

Kadirov Tuygun Uzoqovich

Associate Professor of the Graduate School of Business and Entrepreneurship.

Abstract

This study analyzes the operational efficiency of “Toshshahartransxizmat,” a public transport service provider in Tashkent city. Eight bus depots under the enterprise were selected as Decision-Making Units (DMUs), and the analysis was conducted based on data from 2020 to 2023. Using the Panel-Corrected Standard Errors (PCSE) regression method, the most impactful input factors on the output indicators were identified and their statistical significance was assessed. Based on the results, the Data Envelopment Analysis (DEA) model was applied to calculate efficiency scores. This model enables performance improvement for less efficient DMUs by aligning their operations with highly efficient counterparts.

Keywords: efficiency, DEA method, public transport, regression model, Toshshahartransxizmat.

DOI: <https://doi.org/10.47390/issn3030-3702v3i3y2025N010>

Kirish

Samaradorlik masalasi uzoq yillardan buyon tadqiqotchilar orasida dolzarb muhokama mavzularidan biri bo'lib kelmoqda. Uning amalda qo'llanilish sohalari juda keng bo'lganligi sababli, samaradorlikni baholash jarayoni investorlar, siyosiy hamda iqtisodiy qaror qabul qiluvchilar uchun muhim ma'lumot manbai hisoblanadi. Ayniqsa, jamoat transporti sohasi shunday yo'nalishlar sirasiga kiradiki, samarali tashkil etilgan va yuqori unumdorlikka ega tizimlar shaharlardagi uglerod chiqindilarini kamaytirish hamda yo'lpasaytirishlardagi tirbandliklarni kamaytirishda muhim rol o'ynaydi. Makroiqtisodiy nuqtai nazardan olib qaralganda, transport sohasining samarali faoliyati yo'lovchilar va yuklarning barqaror hamda ishonchli harakatini ta'minlaydi. Ma'lumotlar yordamida samaradorlikni baholash usullaridan biri sifatida Data Envelopment Analysis (DEA) usuli keng qo'llanilmoqda. Bu parametrik bo'lmagan yondashuv qaror qabul qiluvchi birliklarning (DMU) nisbiy samaradorligini bir nechta kiruvchi va chiquvchi o'zgaruvchilar asosida baholash imkonini beradi. Ushbu yondashuv eng samarali amaliyotlarni aniqlash va rivojlantirishni talab qiladigan yo'nalishlarni belgilash imkonini berib, transport sohasida benchmarking (me'yoriy taqqoslash) uchun muhim vosita sifatida xizmat qiladi.

Ushbu tadqiqotda asosiy e'tibor transport korxonalarining samaradorligini Data Envelopment Analysis (DEA) uslubi asosida baholashga qaratiladi. Empirik ma'lumotlar 2020–2023 yillar davomida "Toshshahartransxizmat" korxonasi faoliyat ko'rsatkichlarini qamrab oladi. "Toshshahartransxizmat" Toshkent shahridagi avtomobil jamoat transporti xizmatlarini ko'rsatuvchi eng yirik tashkilotlardan biri bo'lib, poytaxt aholisiga muntazam yo'lovchi tashish xizmatlarini taqdim etadi. Tadqiqotning bosh maqsadi — DEA yondashuvi yordamida "Toshshahartransxizmat" korxonasi faoliyatini baholash, ya'ni uning resurslardan (kiruvchi o'zgaruvchilar) foydalanishi va xizmat ko'rsatish natijalari (chiquvchi o'zgaruvchilar) o'rtasidagi nisbatni aniqlashdir. Shu bilan birga, tadqiqotda samaradorlik darajasiga ta'sir qiluvchi omillarni aniqlash va kelgusida operatsion faoliyatni yaxshilashga qaratilgan tavsiyalar ishlab chiqish maqsad qilingan.

Ushbu maqola quyidagicha tuzilgan: keyingi bo'limda transport sohasida DEA usulining qo'llanilishiga oid tegishli ilmiy adabiyotlar sharhi taqdim etiladi. Shundan so'ng, metodologiya bo'limida DEA modelining texnik xususiyatlari, ma'lumotlar manbalari va o'zgaruvchilarni tanlash mezonlari tahlil qilinadi. So'ngra, empirik natijalar tahlili va muhokamasi taqdim etiladi. So'ngi bo'limda, asosiy xulosalar hamda kelgusidagi tadqiqotlar uchun yo'nalishlar bilan yakunlanadi.

Adabiyotlar sharhi

Data Envelopment Analysis (DEA) — o'xshash qabul qilish birliklari (Decision-Making Units, DMU) samaradorligini baholashda keng qo'llaniladigan yondashuvlardan biri hisoblandi. Garchi ushbu model nisbatan yangi hisoblansa-da, u bir qator afzalliklari sababli ilmiy va amaliy doiralarda keng qo'llanila boshlandi hamda ulkan mashhurlikka erishdi.

DEA modelining tarixi va nazariy asoslari

Emrouznejad A. va E. Cabanda (2015) o'zlarining ilmiy ishlarida, **Data Envelopment Analysis (DEA)** modelining nazariy asoslari iqtisodiy va ishlab chiqarish nazariyalariga tayanishini keltirib o'tishadi. Ishlab chiqarish odatda kiruvchi o'zgaruvchilar (yer, ishchi kuchi, xom ashyo)ni chiquvchi o'zgaruvchi va xizmatlarga aylantirish jarayoni sifatida tariflanadi. Mualliflarning fikriga ko'ra, iqtisodiy samaradorlikka erishishning asosiy yo'li ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirishdan iborat. Iqtisodiy samaradorlikning ikki asosiy tarkibiy qismi mavjud bo'lib:

- **Texnik samaradorlik** — resurslardan isrofsiz foydalanishni bildiradi,
- **Alokativ samaradorlik** esa — mavjud narxlar sharoitida berilgan natijani olish uchun resurslarning optimal nisbatda birlashtirilishini anglatadi[2].

DEA modelida asosiy tushunchalardan biri bu masshtabga nisbatan qaytish (Returns to Scale) hisoblanadi. Masalan, Cobb-Douglas ishlab chiqarish funksiyasida:

$$Q=A \cdot L^a \cdot K^b,$$

bu yerda **a** va **b** koeffitsiyentlar kirish o'zgaruvchilarining elastikligini bildiradi va ular yordamida masshtabga qaytish yo'nalishi aniqlanadi.

- Agar **a + b = 1** bo'lsa, bu **o'zgarmas masshtabga qaytish (CRS)**,
- Agar **a + b < 1** bo'lsa, bu **kamayuvchi masshtabga qaytish (DRS)**,
- Agar **a + b > 1** bo'lsa, bu **ortuvchi masshtabga qaytish (IRS)**,
- DRS va IRS birgalikda **o'zgaruvchan masshtabga qaytish (VRS)** deb yuritiladi.

Farrell (1957) texnik samaradorlikni korxonaning mavjud resurslar asosida optimal darajada mahsulot olish qobiliyati sifatida tariflaydi. U samaradorlikni baholash muammosini hal etishda faoliyat tahlili (activity analysis) asosida yangi yondashuv taklif etadi va "ishlab chiqarish" tushunchasini umumiy "samaradorlik" tushunchasigacha kengaytiradi. Ushbu yondashuvni ikkita kirish va bitta chiqish o'zgaruvchilari bilan, o'zgarmas masshtabga qaytish sharoitida ko'rsatadi[3; 253-290 b.]. Keyinchalik, Charnes, Cooper va Rhodes (CCR) 1978 yilda Farrell(1957) ilmiy ishiga asoslangan holda DEA modelini ishlab chiqdilar. Dastlab bu model AQShdagi ijtimoiy jihatdan imkoniyati cheklangan talabalar uchun mo'ljallangan o'quv dasturlarining samaradorligini baholash uchun ishlab chiqilgan (Cooper va boshq., 2011). Mualliflar Farrell konsepsiyasini bir nechta kirish va chiqish o'zgaruvchilari sharoitida umumlashtirishadi va uni matematik dasturlash asosida modellashtirishadi. CCR modeli doimiy masshtabga qaytish (CRS) sharoitida va korxonalar optimal miqyosda faoliyat yuritadi degan faraz asosida yaratilgan[1].

$$Eff = MAX \frac{\sum u_r y_{rj}}{\sum v_i x_{rj}} \quad (1)$$

s.t.

$$\frac{\sum u_r y_{rj}}{\sum v_i x_{rj}} \leq 1 ;$$

$$U_r, v_i \geq 0$$

bunda

y_{rj} = DMU j tomonidan olingan r-chi natija (yoki chiqish) miqdori,

u_r = r-chi natijaga berilgan og'irlik koeffitsiyenti,

x_{ij} = DMU j tomonidan ishlatilgan i-chi kirish (resurs) miqdori,

v_i = i-chi kirish omiliga ajratilgan og'irlik koeffitsiyenti

Yuqoridagi tenglama modelini model yo'nalishiga (orientatsiyasiga) qarab (ya'ni, kirish yo'nalishli yoki chiqish yo'nalishli) chiziqli dasturlash modeliga osongina aylantirish mumkin.

- **Kirish yo'nalishli (input-oriented) holatda**, DEA modeli har bir DMU tomonidan ishlab chiqarilgan mahsulotlar (chiqishlar o'zgaruvchilari) miqdorini o'zgartirmagan holda, kirish o'zgaruvchilari (inputs) miqdorini maksimal darajada o'zaro proporsional ravishda kamaytirish nazarda tutiladi.

- **Chiqish yo'nalishli (output-oriented) holatda** esa, berilgan kirish o'zgaruvchilari darajasida chiqish o'zgaruvchilari miqdorini maksimal darajada o'zaro mutanosib ravishda oshirish nazarda tutiladi.

$$Eff = \min \sum_{r,vi} v_i x_{ij} \dots\dots\dots(2).$$

$$\begin{aligned} \text{s.t.} \\ \sum_r u_r y_{rj} - \sum_r v_i x_{ij} &\leq 0 \quad ; \\ \sum_r u_r y_{rj_0} &= 1 \\ u_r, v_i &\geq 0 \end{aligned}$$

Kirishga yo'naltirilgan DEA og'irliklar modeli

$$Eff = \max \sum_{r,vi} u_r y_{rj_0} \dots\dots\dots(3).$$

$$\begin{aligned} \text{s.t.} \\ \sum_r u_r y_{rj} - \sum_r v_i x_{ij} &\leq 0 \\ \sum_r u_r y_{rj_0} &= 1 \\ u_r, v_i &\geq 0 \end{aligned}$$

Chiqishga yo'naltirilgan DEA og'irliklar modeli

Manbaa: Cooper et al., 2011

Keyinchalik, Banker, Charnes va Cooper (1984) o'zlarining ilmiy ishlarida CRS-DEA modelini kovekslilik (egri chiziqlilik) cheklovini qo'shish orqali o'zgaruvchan miqyosda samaradorlikni (VRS – Variable Returns to Scale) baholash modelini ishlab chiqdilar. CRS (doimiy miqyosda qaytish) modellaridan farqli ravishda, VRS modelida kirish (input) va chiqish (output) o'zgaruvchilari samaradorlik ko'rsatkichlari odatda bir-biriga teng bo'ladi[13;1078-1092 b.].

Jamoat transporti xizmatlarini baholashda DEA modelining qo'llanilishi

Nikolla, M. va boshq. (2023) o'zlarining "Albaniyada jamoat transport yo'nalishlarining samaradorligini DEA modeli yordamida o'lchash" nomli izlanishlarida DEA modelini qo'llagan holda Albaniyadagi 15 ta jamoat transport yo'nalishini tahlil qiladilar. Tadqiqot jamoat transporti yo'nalishlarining beshta xususiyati — chipta narxi, tozaligi, o'rindiqli mavjudligi, vaqtida kelish va qatnov chastotasi — bo'yicha foydalanuvchilarning fikrlariga asoslanadi. Ma'lumotlar tanlab olingan jamoat transporti yo'nalishlaridan 120 nafar foydalanuvchi o'rtasida so'rovnomani o'tkazish orqali yig'iladi. Mualliflar DEA modelini tanlaganliklarining sababi, u bir nechta kirish va chiqish o'zgaruvchilarini bir vaqtning o'zida hisobga olish va taqqoslash imkonini berishi bo'lib, bu o'z navbatida kompleks baholash imkonini beradi. Bundan tashqari, DEA modeli non-parametrik model bo'lgani sababli, u model o'zgaruvchilari orasidagi funksional bog'liqlik bo'yicha oldindan hech qanday farazlarga ehtiyoj qolmaydi. Tahlil uchun mualliflar Excel dasturidan (Data va Solver funksiyalari) foydalanganlar. Tadqiqot natijalariga ko'ra, 15 ta yo'nalishdan 8 tasi samarali deb topilgan. Samarador bo'lmagan yo'nalishlarni yaxshilash uchun Solver yordamida samarali yo'nalishlarning chiziqli kombinatsiyasi tuziladi. Bundan tashqari, mualliflar, "soya narxlarining og'irligi" (shadow prices weight) boshqa o'zgaruvchilarnikiga qaraganda ancha yuqori ekanligini aniqlashadi. Masalan, 15-yo'nalishda bu ko'rsatkich 40%, 14-yo'nalishda esa 16% ni tashkil etgan[7; 300-308b.].

Ko'plab yetakchi olimlarning samaradorlikni baholash usullarini DEA modeli asosida tahlil qilgan muhim ilmiy izlanishlari mavjud. Quyidagi jadvalda ularning tadqiqot usullari va erishilgan natijalari umumlashtiriladi:

1-jadval

Mualliflar	Topilmalar	Kirish va chiqish o'zgaruvchilari	Model
	2013–2020 yillar oralig'ida 2 ta	Avtomobillar soni, haydovchilar soni, ishlash soatlari soni,	

Stević, Ž. <i>et al.</i> (2022)[11;140-151 b.]	transport kompaniyasi misolida integratsiyalashgan PCA-DEA modeli va ko'p mezonli qaror qabul qilish (MCDM) usullari yordamida transport korxonalarining samaradorligini tahlil qilish	transport vositalarini texnik xizmat ko'rsatish xarajatlari, yoqilg'i xarajatlari, transport xodimlari xarajatlari, umumiy yetkazib berishlar soni, tashilgan miqdor, bosib o'tilgan kilometrlar, foyda	Integratsiyalashgan PCA-DEA modeli va ko'p mezonli qaror qabul qilish usullari
Sow, O. <i>et al.</i> (2016)[10; 114b.]	Dakar (Senegal) shahridagi asosiy jamoat transport kompaniyasi — Dakar Dem Dikk (DDD) ning 24 ta yo'nalishi bo'yicha nisbiy samaradorlikni baholash	Yoqilg'i, avtobuslar soni, yo'nalish uzunligi, masofa, tushumlar, yo'lovchilar	DEA-CCR, DEA BCC, Butstrap usuli
Goyal, S. <i>et al.</i> (2022)[5; 125-136b.]	2008 yildan 2019 yilgacha bo'lgan davrda Rajasthan Shtat Yo'l Transport Korporatsiyasi (RSRTC) avtobus depo'lari uchun texnik o'zgarish (chegara siljishi) va texnik samaradorlik o'zgarishi (yetib olish effekti) nuqtai nazaridan umumiy mahsuldorlik o'zgarishini aniqlash	Avtobuslar soni, ish beruvchilar soni, yoqilg'i sarfi, yo'nalish masofasi, yo'lovchi-kilometrlar bandligi, transport vositasidan foydalanish	DEA / Malmkvist ishlab chiqarish indeksi (MPI) / Luenberger ishlab chiqarish indikatori (LPI)
Gadepalli, R. and Rayaprolu, S. (2020)[4]	Hindistonning 8 ta shahar avtobus tizimi samaradorligini o'lchash uchun 2009–2010 va 2015–2016 yillar oralig'ida qo'llaniladigan ramka (framework)ni taqdim eting.	Mavjud avtobuslar soni, umumiy xodimlar soni, har bir avtobusga to'g'ri keladigan xodimlar soni, xodimlar xarajatlari, yoqilg'i xarajatlari, kuniga har bir avtobus uchun jami xarajat, yoqilg'i samaradorligi, kapital xarajalar, samarali bosib o'tilgan kilometrlar, tashilgan yo'lovchilar soni,	DEA, slack tahlili, regressiya tahlili

		yo'lovchi-kilometrlar, yuklama ko'effitsiyenti, umumiy tushum	
Saxena, P. (2019)[8;232-244b.]	Hindistonning shtat transport korxonalari, xususan Dehli Transport Korporatsiyasi (DTC) samaradorligini baholash (DEA) va regressiya tahlili yordamida amalga oshirildi. Hindistonning 46 ta shtat transport korxonalari uchun DEA usuli qo'llanilib, ularning samaradorlik ko'rsatkichlari hisoblab chiqildi. Samarador bo'lmagan korxonalar uchun kiruvchi va chiquvchi o'zgaruvchilar bo'yicha potentsial yaxshilanishlar hisoblandi. Regressiya tahlili esa, ushbu kiruvchi va chiquvchi o'zgaruvchilarga sezilarli ta'sir ko'rsatuvchi izohlovchi o'zgaruvchilarni aniqlash uchun o'tkazildi	Avtopark hajmi, umumiy xodimlar soni, umumiy xarajat, yo'lovchi-kilometrlar, umumiy tushum.	DEA/ Regression tahlil
Saxena, P. and Kapoor, A. (2015)[9;232-244b.]	Hindistonning 27 ta Shtat Transport Tashkilotining samaradorlik ko'rsatkichlarini hisoblash uchun ikki no-parametrik usul — DEA va sun'iy neyron tarmoqlari (NN)ning uyg'unlashgan shaklini taqdim etish.	Avtopark hajmi, yoqilg'i sarfi, yo'lovchi-kilometrlar, umumiy xodimlar soni, o'rindiqli-kilometrlar	DEA va NN yo'nalishlari
Zizka, M. (2017)[12; 134-152b.]	2015-yil uchun Chexiya Respublikasidagi 19 ta shahar transport operatorining samaradorlik va natijadorlik ko'rsatkichlari baholandi	Transport vositasi-kilometrlar, o'rindiqli-kilometrlar, avtoparkni yangilash bo'yicha yillik investitsiyalar, umumiy avtopark hajmi, avtoparkning o'rtacha yoshi, past polli transport	DEA/ Regression tahlil

		vositalari ulushi, xodimlar soni, haydovchilar soni, yo'nalishlar soni, yo'nalishlar soni, xodimlar xarajatlari	
--	--	--	--

Manba: Muallifning shaxsiy ishlanmasi

Ma'lumotlar tavsifi va metodologiya

Ma'lumotlar tavsifi

DEA tahlilini amalga oshirishda uchun biz Toshkent shahri bo'yicha asosiy jamoat transporti xizmatlarini ko'rsatuvchi korxona "Toshshahartransxizmat" AJ ma'lumotlaridan foydalandik. Ushbu korxona mamlakatdagi eng yirik transport korxonalaridan biri hisoblanadi. Hozirda korxona 7 xil modeldagi avtobuslar bilan xizmat ko'rsatadi va ulardan 1 900 dan ortig'i faoliyat yuritmoqda. Bundan tashqari, 3 400 nafar haydovchini ish bilan ta'minlaydi hamda Toshkent shahri bo'ylab 1 300 dan ortiq avtobus bekatlarini o'zaro bog'laydi. Korxonaning boshqaruv va nazoratni qulaylashtirish maqsadida faoliyati 8 ta avtobus saroyi (avtobaza)ga bo'lingan. Tadqiqotimiz doirasida biz aynan shu 8 ta avtobus saroyining 2020–2023 yillar davomidagi faoliyat samaradorligini tahlil qilamiz. Shunday qilib, tahlilimizda 8 ta qaror qabul qilish birlik (DMU) mavjud bo'ladi. Quyidagi jadvalda 2023-yil uchun o'zgaruvchilarning tavsifiy statistikasi (descriptive statistics) keltiriladi.

2-jadval O'zgaruvchilarning tavsifiy statistikasi (2023)

Ko'rsatkich nomi	O'rtacha	Yig'indi	Standart og'ish	Dispersiya	Minimum	Maksimum	Oraliq
Haftalik rejalashtirilgan avtobuslar soni	348.9	2,791.0	46.3	2,145.8	302.0	426.0	124.0
Tashilgan yo'lovchilar soni (mln kishi)	30.1	240.4	5.2	27,365.2	24.7	37.3	12.6
Yo'lovchilardan tushgan umumiy daromad (mlrd so'm)	45.1	360,993.7	7.7	59,996,345.9	37.2	55.9	18.7
Umumiy marshrut masofasi (km)	363.5	2,907.7	56.5	3,191.5	287.9	466.6	178.7
Yoqilg'i xarajatlari (mlrd so'm)	33.5	267.8	5.5	30,497.2	24.2	40.8	16.6
Umumiy avtobuslar soni	243.0	1,944.0	38.3	1,465.7	194.0	287.0	93.0
1 yo'lovchi uchun daromad (so'm)	3,092.5	24,739.6	126.7	16,063.5	2,906.0	3,235.3	329.3
Tig'iz soatlarda avtobuslar orasidagi interval (daq.)	12.0	96.1	1.5	2.1	10.6	15.2	4.6
1 yo'lovchi uchun xarajat (so'm)	3,092.5	24,739.6	126.7	16,063.5	2,906.0	3,235.3	329.3
1 km uchun xarajat (so'm)	21,002.4	168,018.9	1,604.5	2,574,563.0	19,181.3	23,304.3	4,123.0

O'rtacha safar davomiyligi (daqiq)	54.5	436.0	4.5	20.2	48.2	59.9	11.7
Yo'nalishlar soni	19.6	157.0	3.4	11.7	15.0	25.0	10.0
Haftalik rejalashtirilgan qatnovlar soni	4,791.4	38,331.0	973.9	948,399.4	3,730.0	6,728.0	2,998.0

Manba: Muallifning shaxsiy ishlanmasi

Uslubiyat

Yuqarida ta'kidlanganidek, asosiy model sifatida kirish yo'nalishidagi (input-oriented) va doimiy rentabellik (CRS) farazlariga asoslangan DEA modeli tanlandi. Shunday qilib, biz chiqish o'zgaruvchilarini o'zgartirmagan holda kirish o'zgaruvchilarini optimallashtirishga harakat qilamiz. Quyidagi tenglamalar bizning modelimizni ifodalaydi:

Maqsad funksiyasi:

$$\text{Min} \theta \quad (4).$$

Quyidagi shartlar asosida:

Chiqish o'zgaruvchisi bo'yicha cheklov:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq y_{ro}, \quad \text{for } r = 1, 2, \dots, s$$

Kirish o'zgaruvchisi bo'yicha cheklov:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{rij} \geq \theta_{io}, \quad \text{for } i = 1, 2, \dots, s$$

Qavariqlik cheklovi (CRS farazi):

$$\lambda_j \geq 0, \text{ for all } j$$

Bunda:

θ — DMU₀ ning samaradorlik ko'rsatkichi hisoblanadi.

$\theta \leq 1$, $\theta = 1$ bo'lsa, bu DMU samarali ekanligini bildiradi.

λ_j Intensivlik o'zgaruvchilari yoki virtual og'irliklarni ifodalaydi.

Ma'lumotlarni tahlil qilganimizda, ularni kirish va chiqish o'zgaruvchilariga ajratishimiz mumkin. Mantiqan olib qaraganda, quyidagi o'zgaruvchilar: "jami tashilgan yo'lovchilar soni", "yo'lovchilardan olingan umumiy daromad" va "1 yo'lovchini tashishdan tushgan daromad" — chiqish (output) o'zgaruvchilari sifatida qaraladi. O'z navbatida, "haftalik rejalashtirilgan avtobuslar soni", "umumiy marshrut masofasi", "yoqilg'i xarajatlari", "avtobuslar umumiy soni", "tig'iz soatlarda avtobuslar oralig'i", "1 yo'lovchiga to'g'ri keladigan xarajat", "1 km uchun xarajat", "o'rtacha yo'lga sarflangan vaqt", "yo'nalishlar soni" va "haftalik rejalashtirilgan qatnovlar soni" esa kirish (input) o'zgaruvchilari hisoblanadi. Biroq, bu o'zgaruvchilarning barchasidan tahlilda foydalanish imkoni mavjud emas. Sababi, bizda atigi 8 ta DMU mavjud. Shuning uchun biz kiritiladigan va chiqariladigan o'zgaruvchilar soniga oid empirik qoida (rule of thumb) ga amal qilishimiz kerak bo'ladi. Bu qoida quyidagicha:

DMUlar soni $\geq 2 \times (\text{Kirish o'zgaruvchilari soni} + \text{Chiqish o'zgaruvchilari soni})$

Shunday qilib, natijalarni eng yaxshi aks ettiruvchi kirish va chiqish o'zgaruvchilar kombinatsiyasini tanlashimiz kerak bo'ladi. Buni amalga oshirish uchun, biz chiqish o'zgaruvchilariga eng katta ta'sir ko'rsatadigan va statistik jihatdan ahamiyatli bo'lgan o'zgaruvchilarni aniqlash maqsadida regressiya tahlilini o'tkazamiz. Regressiya tahlilini amalga oshirish uchun STATA statistik dasturidan foydalaniladi. Bizning ma'lumotlarimiz

panel ma'lumotlar (panel data) turi hisoblanganligi uchun, regressiyaning eng to'g'ri modelini tanlash uchun avvalo turli farazlar bo'yicha ma'lumotlarni test qilishimiz zarur.

Ma'lumotlarni test qilish

Multikollinearlik

Multikollinearlik – bu ikki yoki undan ortiq mustaqil o'zgaruvchilar o'zaro kuchli bog'liq bo'lgan holatdir. Bu holat natijasida ishonch intervalining kengayishi yuz berishi mumkin, bu esa har bir mustaqil o'zgaruvchining tushuntiruvchi (izohlovchi) quvvatini kamaytiradi. Multikollinearlikni aniqlash uchun eng ko'p qo'llaniladigan usul bu dispersiya oshirish koeffitsiyenti (Variance Inflation Factor – VIF) hisoblanadi. Bu usul modeldagi umumiy dispersiya bilan alohida mustaqil o'zgaruvchining dispersiyasi o'rtasidagi nisbatga asoslanadi. Ushbu test yordamida o'zaro bog'liq bo'lmagan to'g'ri mustaqil o'zgaruvchilarni tanlash mumkin. Tajriba asosidagi qoida (rule of thumb) ga ko'ra, agar har bir o'zgaruvchining individual VIF ko'rsatkichi va umumiy natijasi 5 yoki 10 dan oshmasa, u holda model ko'p yo'nalishli bog'liqlikdan xoli deb hisoblanadi.

3-jadval

O'zgaruvchi	VIF	1/VIF
Expensefor~r	3.83	0.261223
Expensefor~m	2.71	0.369115
Intervalbe~e	2.69	0.372267
Totalfuelexp	2.43	0.412197
Totalroute~m	2.40	0.417433
Averagetra~s	1.11	0.901616
Mean VIF	2.53	

Manba: Muallifning shaxsiy ishlanmasi

Yuqoridagi jadval VIF tahlili va o'zaro kuchli bog'lanmagan eng maqbul mustaqil o'zgaruvchilar kombinatsiyasini aks ettiradi. Natijalarga ko'ra, barcha individual VIF ko'rsatkichlari hamda o'rtacha (Mean VIF) qiymati 5 dan past bo'lib, bu modelda ko'p yo'nalishli bog'liqlik yo'qligini ko'rsatadi.

Avtokorrelyatsiya

Bu holat multikollinearlikka juda o'xshash, biroq avtokorrelyatsiyani tekshirishda har bir mustaqil o'zgaruvchining avvalgi davrlaridagi qiymatlari bilan o'zaro bog'liqligi tekshiriladi.

4-jadval

Wooldridge testi yordamida panel ma'lumotlarda avtokorrelyatsiyani aniqlash
$F(1, 7) = 9.507$
$\text{Prob} > F = 0.0177$

Manba: Muallifning shaxsiy ishlanmasi

4-jadval Wooldridge testining natijalarini aks ettiradi. Ushbu testda nol gipoteza – birinchi tartibli avtokorrelyatsiya yo'q, degan farazni anglatadi. O'z navbatida, alternativ gipoteza esa – birinchi tartibli avtokorrelyatsiya mavjudligidir. Bizning holatda F-statistik qiymati 9.507 ga teng, p-qiymat esa 1.77% (0.0177) ni tashkil qiladi. Bu esa nol gipotezani rad etishimiz va muqobil gipotezani qabul qilishimiz kerakligini bildiradi. Demak, panel ma'lumotlarimizda birinchi tartibli avtokorrelyatsiya mavjud. Birinchi tartibli

avtokorrelyatsiya degani – biror o'zgaruvchining ketma-ket xatoliklari (residuallari) o'zaro bog'langan deganidir. Ushbu muammoni bartaraf etish uchun esa birinchi tartibli avtokorrelyatsiyani nazorat qiluvchi to'g'ri regressiya usulini tanlash zarur.

Heteroskedastiklik

Heteroskedastiklik — bu modeldagi o'zgaruvchilarning standart xatolari butun davr davomida barqaror bo'lmagan holatidir. Garchi bu holat koeffitsientlarning baholariga jiddiy og'ish (bias) keltirib chiqarmasligi mumkin bo'lsa-da, ba'zi statistik jihatdan ahamiyatsiz o'zgaruvchilarni ahamiyatli deb ko'rsatish xavfini tug'diradi.

5-jadval

Heteroskedastiklikni aniqlash uchun Breusch-Pagan / Cook-Weisberg testi	
Ho: Konstant dispersiya	
O'zgaruvchilar: fitted values of log_TTL_TPASS	
chi2(1)	= 1.00
Prob > chi2	= 0.3164

Manba: Muallifning shaxsiy ishlanmasi

Nol gipoteza qoldiq xatoliklarning dispersiyasi barqaror ekanligini bildiradi, ya'ni homoskedastiklik mavjud. O'z navbatida, muqobil gipoteza — modelda heteroskedastiklik mavjudligini bildiradi. Chi-kvadrat (χ^2) qiymati 1, p-qiymati esa 0.3164 bo'ldi. Shunday ekan, nol gipoteza rad etilmaydi, ya'ni regressiya modelimizdagi qoldiq xatoliklar barqaror (homoskedastik) hisoblanadi.

Kesimlararo bog'liqlik (yoki Kross-seksional bog'liqlik)

Xatolik qiymatlaridagi kesimlararo bog'liqlik (cross-sectional dependence) — bir xil vaqt oralig'ida turli birliklar (DMUlar, kompaniyalar, hududlar va h.k.) o'zaro bog'liq bo'lganda yuzaga keladi. Bu holat kuzatilmagan omillar yoki tashqi omillarning ta'siri (masalan, iqtisodiy silkinishlar) natijasi bo'lishi mumkin. Bunday muammo bo'lsa, modellar tashqi tomondan aniq (konsistent) ko'rinsa ham, ularning baholovchilari (estimators) samarasiz bo'lishi mumkin. Kesimlararo bog'liqlikni tekshirish uchun — Pesaran (2004) tomonidan ishlab chiqilgan CD-testi (Cross-sectional Dependence test) qo'llaniladi.

- **Nol gipoteza:** Kesimlararo mustaqillik mavjud (bog'liqlik yo'q).
- **Muqobil gipoteza:** Kesimlararo bog'liqlik mavjud.

Natijalar quyida keltiriladi:

Pesaran'ning kesimlararo bog'liqlik testi natijasi – statistik qiymat 5.371, p-qiymat = 0.0000

Test statistikasi = 5.371: Musbat va katta test statistikasi kuchli kesimlararo bog'liqlik mavjudligini ko'rsatadi. p-qiymat (Pr) = 0.0000: p-qiymat < 0.05 bo'lganligi sababli, nol gipoteza rad etiladi. Bu esa bizning panel ma'lumotlarimizda sezilarli kesimlararo bog'liqlik mavjudligini anglatadi.

O'tkazilgan test natijalarini umumlashtiradigan bo'lsak, VIF orqali multikolinearlik testida o'zaro kuchli bog'liqlikka ega bo'lmagan o'zgaruvchilar aniqlandi. Shuningdek, birinchi tartibli avtokorrelyatsiya va kesimlararo bog'liqlik mavjudligi aniqlandi, lekin xatolik qiymatlari o'zaro teng taqsimlangan dispersiyaga ega (homoskedastiklikka) ega bo'ldi. Hoechle (2007) o'zining "Kesimlararo bog'liqlikka ega panel regressiyalar uchun barqaror standart xatoliklar" nomli tadqiqotida bir nechta regressiya modellari – OLS dan to PCSE

(Panel-Corrected Standard Errors) usullarigacha – kuchli va zaif tomonlarini tahlil qiladi va solishtiradi. Ma'lumotlarda yuqorida ko'rsatilgan muammolar mavjudligi sababli, OLS, Fixed Effects va Random Effects modellaridan foydalanish mumkin emas. Muallif, aynan kesimlararo bog'liqlik mavjud bo'lgan holatlarda, Correlated Panels Corrected Standard Errors (PCSE) regressiya usulidan foydalanishni taklif qiladi[6; 281-312b.].

Shu sababli, bizning regression modelimiz quyidagicha bo'ladi:

$\log_Jami_Daromad = \alpha + \beta_1 \text{ Bir yo'lovchi uchun xarajat} + \beta_2 \text{ Pik soatlarda avtobuslar oralig'i} + \beta_3 \text{ O'rtacha harakatlanish vaqti (daqiqalarda)} + \beta_4 \text{ Bir yo'lovchi uchun xarajat} + \beta_5 \text{ Yoqilg'i bo'yicha umumiy xarajatlari} + \beta_6 \text{ Umumiy yo'nalish masofasi (km)} + \beta_7 \text{ 1 km uchun xarajat} + \varepsilon$

α — bu doimiy (konstant) had bo'lib, β_1 dan β_7 gacha bo'lgan koeffitsiyentlar esa tegishli o'zgaruvchilarning qiyaligi (slopi)ni ifodalaydi va ularning ta'sir darajasini ifodalaydi.

Natijalar va Muhokamalar

Bizda ikkita asosiy chiqish (output) o'zgaruvchisi mavjud bo'lganligi sababli, regressiya tahlilini har biri uchun alohida-alohida amalga oshiramiz.

1-rasm.

Linear regression, correlated panels corrected standard errors (PCSEs)

Group variable:	DMU	Number of obs	=	32	
Time variable:	Year	Number of groups	=	8	
Panels:	correlated (balanced)	Obs per group:			
Autocorrelation:	no autocorrelation	min	=	4	
		avg	=	4	
		max	=	4	
Estimated covariances	=	36	R-squared	=	0.9237
Estimated autocorrelations	=	0	Wald chi2(5)	=	25.94
Estimated coefficients	=	7	Prob > chi2	=	0.0001

log_TTL_REV	Panel-corrected					[95% Conf. Interval]	
	Coef.	Std. Err.	z	P> z			
Expensefor1passenger	-.0000256	.00005	-0.51	0.609	-.0001236	.0000725	
Intervalbetweenbusesduringpe	-.0185094	.0178097	-1.04	0.299	-.0534157	.016397	
Averagetraveltimeinminutes	.0023936	.0042771	0.56	0.576	-.0059893	.0107765	
Totalfuelexp	2.85e-11	4.20e-12	6.78	0.000	2.02e-11	3.67e-11	
Totalroutedistancekm	.0011231	.0003906	2.88	0.004	.0003575	.0018887	
Expensefor1km	.0000223	7.60e-06	2.93	0.003	7.41e-06	.0000372	
_cons	22.86943	.283946	80.54	0.000	22.3129	23.42595	

Manba: Muallifning shaxsiy ishlanmasi

Yuqoridagi rasm regressiya natijalarini ifodalaydi. Ko'rinib turibdiki, R-kvadrat (R^2) = 0.9237, bu esa model umumiy daromadga o'zgarishlarning 92.37 foizini tushuntirib berishini bildiradi. Wald $\chi^2(5) = 25.94$, va Prob > $\chi^2 = 0.0001$ bo'lgani uchun, biz xulosa qilishimiz mumkinki, model statistik jihatdan ahamiyatli, ya'ni 1% ishonch intervalida ($p < 0.01$) ahamiyatli hisoblanadi.

Har bir koeffitsiyent (β) mos ravishda, boshqa barcha omillar o'zgarish holda qolgan taqdirda, tegishli o'zgaruvchining bir birlikka oshishi natijasida daromadga kutilayotgan foiz o'zgarishni ifodalaydi.

Umumiy yoqilg'i xarajatlari, umumiy marshrut masofasi va 1 kilometr ga to'g'ri keladigan xarajatlari umumiy daromadning muhim bashoratchilari (prognostlovchi omillari) hisoblanadi.

Yo'lovchi boshiga xarajat, avtobuslar orasidagi interval va o'rtacha safar vaqti statistik jihatdan ahamiyatli emas. Ushbu o'zgaruvchilar mazkur ma'lumotlar to'plamiga ko'ra umumiy daromadga sezilarli ta'sir ko'rsatmaydi.

2-rasm.

Linear regression, correlated panels corrected standard errors (PCSEs)

Group variable:	DMU	Number of obs	=	32	
Time variable:	Year	Number of groups	=	8	
Panels:	correlated (balanced)	Obs per group:			
Autocorrelation:	no autocorrelation	min	=	4	
		avg	=	4	
		max	=	4	
Estimated covariances	=	36	R-squared	=	0.9351
Estimated autocorrelations	=	0	Wald chi2(5)	=	107.66
Estimated coefficients	=	7	Prob > chi2	=	0.0000

log_TTL_TPASS	Panel-corrected					
	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
Expensefor1passenger	-.000044	.0000446	-0.99	0.324	-.0001314	.0000434
Intervalbetweenbusesduringpe	-.025774	.0116139	-2.22	0.026	-.0485368	-.0030112
Averagetraveltimeminutes	.0012653	.0045856	0.28	0.783	-.0077223	.0102529
Totalfuelexp	2.19e-11	2.49e-12	8.80	0.000	1.70e-11	2.68e-11
Totalroutedistancekm	.001512	.0002915	5.19	0.000	.0009407	.0020833
Expensefor1km	.0000164	4.89e-06	3.35	0.001	6.79e-06	.000026
_cons	15.96555	.2696341	59.21	0.000	15.43708	16.49403

Manba: Muallifning shaxsiy ishlanmasi

Ikkinchi grafikda jami tashilgan yo'lovchilar o'zgaruvchisi bog'liq o'zgaruvchi sifatida olingan regressiya natijalari ko'rsatilgan. Bu yerda R-kvadrat = 0.9351, ya'ni model bog'liq o'zgaruvchidagi 93.51% farqni tushuntirib bera olishini bildiradi. Bu esa model kuchli moslashganini va yuqori izohlay olish darajasiga ega ekanini anglatadi. Wald $\chi^2(5) = 107.66$, Prob > $\chi^2 = 0.0000$ bo'lganligi sababli, kamida bitta mustaqil o'zgaruvchi bog'liq o'zgaruvchiga sezilarli ta'sir ko'rsatishini xulosa qilish mumkin. Har bir mustaqil o'zgaruvchining ishorasi (belgisi) avvalgidek qolgan. Farq shundaki, "tig'iz soatlarida avtobuslar orasidagi interval" ikkinchi regressiyada statistik jihatdan ahamiyatli bo'lgan. Regressiya natijalaridan kelib chiqqan holda, endi biz qaysi kiruvchi omillar (avtobuslar orasidagi interval, yoqilg'i xarajatlari, 1 km uchun xarajat, umumiy yo'nalish masofasi) chiqimlarga sezilarli ta'sir ko'rsatishini bilamiz. Shuning uchun, DEA tahliliga o'tish mumkin. DEA modelidan foydalanishda quyidagi kiruvchi (input) o'zgaruvchilar tanlandi: tig'iz soatlarida avtobuslar orasidagi interval, umumiy yoqilg'i xarajatlari, 1 km uchun xarajat, umumiy yo'nalish masofasi, haftalik rejalashtirilgan qatnovlar soni. Chiquvchi (output) o'zgaruvchilar esa: jami tashilgan yo'lovchilar soni, yo'lovchilardan tushgan umumiy daromad DEA tahlilini amalga oshirish uchun "PIM DEA" va "Branxia" dasturlaridan foydalanildi. Quyidagi grafik esa har bir avtobus deposining 2020–2023 yillar davomida samaradorlik darajasini aks ettiradi.

3-rasm.

Name	Efficiency	2020
1-avtobus parki	88.08	88%
2-avtobus parki	100	100%
4-avtobus parki	88.86	89%
5-avtobus parki	89.29	89%
7-avtobus parki	86.05	86%
8-avtobus parki	100	100%
12-avtobus parki	100	100%
18-avtobus parki	100	100%

Name	Efficiency	2021
1-avtobus parki	89.95	90%
2-avtobus parki	100	100%
4-avtobus parki	96.3	96%
5-avtobus parki	96.95	97%
7-avtobus parki	100	100%
8-avtobus parki	100	100%
12-avtobus parki	96.7	97%
18-avtobus parki	100	100%

Name	Efficiency	2022
1-avtobus parki	100	100%
2-avtobus parki	95.74	96%
4-avtobus parki	100	100%
5-avtobus parki	89.52	90%
7-avtobus parki	100	100%
8-avtobus parki	100	100%
12-avtobus parki	93.38	93%
18-avtobus parki	97.19	97%

Name	Efficiency	2023
1-avtobus parki	100	100%
2-avtobus parki	99.78	100%
4-avtobus parki	98.99	99%
5-avtobus parki	91.32	91%
7-avtobus parki	100	100%
8-avtobus parki	100	100%
12-avtobus parki	79.35	79%
18-avtobus parki	100	100%

Manba: Muallifning shaxsiy ishlanmasi

Yillar davomida avtobus parklarining samaradorligidagi o'zgarishlarni grafik orqali kuzatish mumkin. Shuni ta'kidlash kerakki, barcha yillarda umumiy o'rtacha samaradorlik 90% dan yuqori bo'lgan. Shu bilan birga, bu ko'rsatkich sof moliyaviy samaradorlikni ifodalamaydi, chunki barcha avtobus parklar davlat tomonidan sezilarli darajada subsidiyalanadi, natijada ularning rentabellik darajasi manfiy bo'ladi. Shuning uchun bu grafik aslida ularning mavjud resurslardan qanday foydalanayotganini va ularni qanday taqsimlayotganini aks ettiradi. Endi esa 2020-yildagi samarasiz avtobus parklarini tahlil qilamiz. Grafikda ko'rsatilganidek, quyidagi 4 ta avtobus parkining samaradorlik ko'rsatkichi 90% dan past bo'lgan: 1-avtobus parki — 88.08%, 4-avtobus parki — 88.86%, 5-avtobus parki — 88.29%, 7-avtobus parki — 86.05%. Bu esa ushbu parklar o'z resurslaridan to'liq va optimal darajada foydalanmayotganini bildiradi. Keyingi bosqichda, ularning samaradorligini oshirish bo'yicha aniq tavsiyalar ishlab chiqish lozim bo'ladi.

4-rasm.

Name	2-avtobus parki	8-avtobus parki	12-avtobus parki	18-avtobus parki
(Frequencies)	3	1	3	4
1-avtobus parki			✓	
2-avtobus parki	✓			
4-avtobus parki	✓			✓
5-avtobus parki	✓			✓
7-avtobus parki			✓	✓
8-avtobus parki		✓		
12-avtobus parki			✓	
18-avtobus parki				✓

Name	2-avtobus parki	8-avtobus parki	12-avtobus parki	18-avtobus parki
1-avtobus parki	0	0	0.57	0
2-avtobus parki	1	0	0	0
4-avtobus parki	0.49	0	0	0.26
5-avtobus parki	0.19	0	0	0.42
7-avtobus parki	0	0	0.47	0.22
8-avtobus parki	0	1	0	0
12-avtobus parki	0	0	1	0
18-avtobus parki	0	0	0	1

2020-yil uchun etalon (peer) birliklar

2020-yil uchun lambda qiymatlar

Yuqoridagi rasmda samarasiz deb topilgan DMUlar (avtobus parklar) uchun ularning etalon birliklari (peer units) va samaradorlikka erishish uchun zarur bo'lgan lambda qiymatlari ko'rsatilgan. Bu qiymatlar har bir avtobus parkining faoliyatini qaysi samarali park(lar)ga yaqinlashtirishi lozimligini bildiradi.

- 1-avtobus parki uchun etalon birligi bu 12-avtobus parki bo'lib, agar u o'z faoliyatini 12-avtobus parkiga moslashtirsa, samarador bo'lishi mumkin. Lambda qiymati 57% ni tashkil etadi, ya'ni 1-avtobus parki faoliyatining 57 foizi 12-avtobus parkiga o'xshash bo'lishi kerak.

- 4-avtobus parki uchun ikki etalon mavjud: 2-avtobus parki (49%) va 18-avtobus parki (26%). Bu shuni anglatadiki, 4-avtobus parki o'z faoliyatini mos ravishda 49 foiz 2-avtobus parkiga va 26 foiz 18-avtobus parkiga moslashtirishi kerak.

- 5-avtobus parki uchun ham etalon birliklar 2-avtobus parki va 18-avtobus parki hisoblanadi. Bu yerda lambda qiymatlari mos ravishda 19% va 42% bo'lib, 5-avtobus parki faoliyatini shu nisbatda ushbu samarali parklarga yaqinlashtirishi lozim.

- 7-avtobus parki esa 12-avtobus parki (47%) va 18-avtobus parki (22%) bilan solishtirilgan. Demak, samaradorlikka erishish uchun bu park faoliyatini 12-avtobus parkiga 47% va 18-avtobus parkiga 22% darajada moslashtirishi zarur.

Bu tahlil orqali har bir samarasiz avtobus parkiga nisbatan qanday o'zgarishlar kerakligi va qaysi avtobus parkidan o'rnak olish mumkinligi aniq ko'rsatib berilmoqda.

5-rasm. 2020-yil uchun bo'shliqlar (Slack) tahlili

Name	Expense for 1 km	Interval between buses during peak hours	Total fuel exp	Total route distance (km)	TTL_REV
1-avtobus parki	2172.87	3.37	0	12.23	0
2-avtobus parki	0	0	0	0	0
4-avtobus parki	607.4	1.44	0	0	0
5-avtobus parki	1584.66	3.56	0	0	0
7-avtobus parki	2145.39	2.47	0	0	0
8-avtobus parki	0	0	0	0	0
12-avtobus parki	0	0	0	0	0
18-avtobus parki	0	0	0	0	0

Manba: Muallifning shaxsiy ishlanmasi

Bo'shliqlar (slack) qiymatlari resurslardan foydalanishdagi samaradorsizliklarni anglatadi va mumkin bo'lgan kirish (input) qisqartmalarini ko'rsatadi. 5-rasmga ko'ra, 1-avtobus parki o'z faoliyatini tengdoshlari (peer units)ga moslashtirgan holda chiqish o'zgaruvchisi qiymatini saqlab qolgan holda 1 km uchun xarajatni 2 172,87 so'mga, avtobuslar orasidagi intervalni 3,37 daqiqaga va umumiy yo'nalish masofasini 12,23 kmga qisqartirishi mumkin.

Bundan tashqari, 1 km uchun xarajat:

- 4-avtobus parki uchun 607,4 so'mga,
- 5-avtobus parki uchun 1 584,66 so'mga,
- 7-avtobus parki uchun 2 145,39 so'mga kamaytirilishi mumkin.

Avtobuslar orasidagi interval esa:

- 4-avtobus parki uchun 1,44 daqiqaga,
- 5-avtobus parki uchun 3,56 daqiqaga,
- 7-avtobus parki uchun 2,47 daqiqaga qisqartirilishi mumkin.

Bu – 2020-yil uchun samaradorlik va imkoniy o'sish tahlilining, samarali tengdosh birliklar asosida olib borilgan natijasidir. Yuqoridagi 3-grafikdan ko'rinib turibdiki, 2021 va 2022-yillarda samaradorlik ko'rsatkichlari 2020-yilga qaraganda nisbatan yuqoriroq bo'lgan. Samarador bo'lmagan birliklar yuqoriroq samaradorlik darajasiga erishgan. 2023-yilda ham

deyarli barcha avtobus parklarida ishlash samaradorligi yaxshilangan, faqat 12-avtobus parki bundan mustasno. 12-avtobus parkiga alohida e'tibor qaratish lozim, chunki uning ko'rsatkichlari yildan-yilga pasaygan: 2020-yilda 100% bo'lgan bo'lsa, 2023-yilda 79,35% gacha tushgan. 2023-yil uchun uning tengdoshlari – 18-avtobus parki, 12-avtobus parki (ya'ni o'zi) va 2-avtobus parki hisoblanadi. Agar u faoliyatini ushbu tengdoshlarga moslashtirsa, quyidagi darajada o'sish bo'lishi mumkin:

- 1 km uchun xarajat bo'yicha 19,77%,
- avtobuslar orasidagi interval bo'yicha 44,46%,
- yoqilg'i sarfi bo'yicha 19,77% yaxshilanish.

Xulosa

Xulosa qilib aytganda, ushbu maqolada biz "Toshshahartransxizmat" – Toshkent shahrining jamoat transporti xizmatlarini ko'rsatuvchi tashkilotga qarashli avtobus parklarining faoliyat samaradorligini tahlil qildik. Tadqiqotimiz 2020–2023-yillar oralig'idagi 8 ta avtobus parkiga oid ma'lumotlarni o'z ichiga oladi. Birinchi bosqichda, statistik tahlillar orqali ma'lumotlar to'plamidagi avtokorrelyatsiya va kesimlararo bog'liqlik (cross-sectional dependence) muammolarini aniqladik va eng mos Panels Corrected Standard Errors (PCSE) regressiya modelini tanladik. Ushbu model yordamida qaysi kirish o'zgaruvchilari (inputlar) chiqish o'zgaruvchilariga (outputlar) ko'proq ta'sir ko'rsatishini va ularning statistik ahamiyatga ega yoki yo'qligini aniqladik. Shundan so'ng, Data Envelopment Analysis (DEA) metodologiyasidan foydalangan holda kirishga yo'naltirilgan va CRS (doimiy daromadlar miqyosida) farazlari asosidagi samaradorlik tahlilini amalga oshirdik. Natijalar shuni ko'rsatdiki, barcha yillarda avtobus parklarining o'rtacha samaradorlik darajasi 90% dan yuqori bo'lgan. Shuningdek, samarador bo'lmagan DMUlar (avtobus parklar) uchun ularning tengdosh birliklari (peer units) va potensial yaxshilanish imkoniyatlari aniqlab berildi.

Adabiyotlar/Литература/References:

1. Cooper, William & Seiford, Lawrence & Zhu, Joe. (2011). Data Envelopment Analysis: History, Models, and Interpretations. doi:10.1007/978-1-4419-6151-8_1.
2. Emrouznejad, A. and Cabanda, E. (2015). Introduction to Data Envelopment Analysis and its applications, in Osman et al. (Eds.) Handbook of Research on Strategic Performance Management and Measurement Using Data Envelopment Analysis, pp. 235-255. IGI Global, USA.
3. Farrell, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. Journal of the Royal Statistical Society: Series A (General), 120(3), 253–290. <https://doi.org/10.2307/2343100>
4. Gadepalli, R. and Rayaprolu, S. (2020). Factors affecting performance of urban bus transport systems in India: A Data Envelopment Analysis (DEA) based approach. Transportation Research Procedia. doi:10.1016/j.trpro.2020.08.214.
5. Goyal, S. et al. (2022). An evaluation of the productivity change in public transport sector using DEA-based model. Management Science Letters, 12, pp. 125-136. doi:10.5267/j.msl.2021.10.001
6. Hoechle, D. (2007). Robust Standard Errors for Panel Regressions with Cross-Sectional Dependence. The Stata Journal: Promoting communications on statistics and Stata, 7(3), pp. 281-312
7. Nikolla, M. et al. (2023). Measuring the efficiency of public transport lines in Albania using DEA model. WSEAS Transactions on Environment and Development, 19, pp. 300-308. doi:10.37394/232015.2023.19.26.

8. Saxena, P. (2019). A benchmarking strategy for Delhi Transport Corporation: An application of Data Envelopment Analysis. *International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences*, 4, pp. 232-244. doi:10.33889/IJMEMS.2019.4.1-020.
9. Saxena, P. and Kapoor, A. (2015). Efficiency evaluation of State Transport Undertakings of India using DEA-NN approach. *International Journal of Management and Information Technology*, 10, pp. 2189-2198. doi:10.24297/ijmit.v10i5.622.
10. Sow, O. et al. (2016). Efficiency analysis of public transportation subunits using DEA and bootstrap approaches: Dakar Dem Dikk case study. *Journal of Mathematics Research*, 8, pp. 114-114. doi:10.5539/jmr.v8n6p114.
11. Stević, Ž. et al. (2022). Development of a model for evaluating the efficiency of transport companies: PCA-DEA-MCDM model. *Axioms*, 11, p. 140. doi:10.3390/axioms11030140.
12. Zizka, M. (2017). An assessment of the efficiency and effectiveness of the services of urban transport operators in the Czech Republic. *Transformations in Business and Economics*, 16, pp. 134-152.
13. Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, 30(9), 1078-1092. <https://doi.org/10.1287/mnsc.30.9.1078>

ISSN: 3030-3702 (Online)
САЙТ: <https://techscience.uz>

TECHSCIENCE.UZ

**TEXNIKA FANLARINING DOLZARB
MASALALARI**

№ 3 (3)-2025

TOPICAL ISSUES OF TECHNICAL SCIENCES

**TECHSCIENCE.UZ- TEXNIKA
FANLARINING DOLZARB MASALALARI**
elektron jurnali 15.09.2023-yilda 130343-
sonli guvohnoma bilan davlat ro'yxatidan
o'tkazilgan.

Muassislar: "SCIENCEPROBLEMS TEAM"
mas'uliyati cheklangan jamiyati;
Jizzax politexnika insituti.

TAHRIRIYAT MANZILI:

Toshkent shahri, Yakkasaroy tumani, Kichik
Beshyog'och ko'chasi, 70/10-uy.

Elektron manzil:

scienceproblems.uz@gmail.com