



AKTUAR MOLIYA VA BUXGALTERIYA HISOBILMIY JURNALI

Vol. 6 Issue 06 | pp. 242-249 | ISSN: 2181-1865

Available online <https://finance.tsue.uz/index.php/afa>

OZIQ-OVQAT SANOATI TARMOQLARI VA QUYI TARMOQLARIDA INVESTITSION SAMARADORLIKNI DEA-MALMQUIST YONDASHUVI ASOSIDA BAHOLASH



Tolipova Baxtigul Farxodovna

Xalqaro Nordik universiteti doktoranti, PhD

Annotatsiya: Mazkur maqolada oziq-ovqat sanoati tarmoqlari va quyi tarmoqlarida investitsion samaradorlikni baholashning nazariy-uslubiy jihatlari DEA-Malmquist yondashuvi asosida tadqiq etildi. Tadqiqot umumiy omilli mahsuldorlik o'zgarishini samaradorlik va texnologik o'zgarish tarkibiy qismlariga ajratgan holda baholadi. O'zbekiston oziq-ovqat sanoatining statistik ko'rsatkichlari asosida kirish va chiqish o'zgaruvchilari shakllantirildi. Tahlil natijalari qayta ishlash darajasi nisbatan past bo'lgan quyi tarmoqlarda investitsion salohiyat yuqori ekanligini ko'rsatdi. Baholash investitsiyalarni samarali yo'naltirish, texnologik yangilanishni jadallashtirish va mahsuldorlikni oshirish imkoniyatlarini aniqladi. Olingan natijalar oziq-ovqat sanoatida investitsion qarorlar qabul qilish jarayonini takomillashtirishga xizmat qildi.

Kalit so'zlar: investitsion samaradorlik, oziq-ovqat sanoati, DEA, Malmquist indeksi, mahsuldorlik, texnologik o'zgarish, investitsiya, quyi tarmoqlar.

Аннотация: В статье были исследованы теоретико-методологические основы оценки инвестиционной эффективности отраслей и подотраслей пищевой промышленности на основе подхода DEA-Malmquist. Исследование оценило изменение совокупной факторной производительности посредством разделения на компоненты эффективности и технологических изменений. На основе статистических показателей пищевой промышленности Узбекистана были определены входные и выходные переменные модели. Результаты анализа показали высокий инвестиционный потенциал подотраслей с относительно низким уровнем переработки продукции. Проведённая оценка выявила возможности повышения производительности, ускорения технологического обновления и более рационального распределения инвестиций. Полученные результаты способствовали совершенствованию процесса принятия инвестиционных решений и формированию практических рекомендаций для дальнейшего развития пищевой промышленности.

Ключевые слова: инвестиционная эффективность, пищевая промышленность, DEA, индекс Малмквиста, производительность, технологические изменения, инвестиции, подотрасли.

Abstract

This article examined the theoretical and methodological foundations of assessing investment efficiency in food industry branches and sub-branches using the DEA-Malmquist approach. The study evaluated changes in total factor productivity by separating efficiency change and technological change components. Input and output variables were determined based on verified statistical indicators of Uzbekistan's food industry. The analysis demonstrated that sub-branches with relatively low processing levels possessed considerable investment potential. The assessment

identified opportunities for improving productivity, accelerating technological modernization, and enhancing the allocation of investment resources. The findings contributed to the improvement of investment decision-making processes and provided practical guidance for increasing efficiency and supporting sustainable development in the food industry sector.

Keywords: *investment efficiency, food industry, DEA, Malmquist index, productivity, technological change, investment, sub-branches.*

KIRISH

O'zbekiston iqtisodiyotida oziq-ovqat sanoati qishloq xo'jaligi xom ashyosini qayta ishlash, ichki bozorni oziq-ovqat mahsulotlari bilan ta'minlash va eksport salohiyatini kengaytirish vazifalarini bajaruvchi yetakchi tarmoqlardan biriga aylangan. Tarmoq tarkibi go'sht-sut, yog'moy, un-yorma, meva-sabzavot konservalari, qandolatchilik va ichimliklar kabi quyi tarmoqlardan iborat bo'lib, ularning har biri o'ziga xos texnologik jarayon va investitsion talablar bilan ajralib turadi. Tarmoqning tashqi savdo ko'rsatkichlari uning barqaror rivojlanishini aks ettiradi: oziq-ovqat mahsulotlari eksporti 2022-yildagi 1 632 million dollardan 2024-yilda 2 175 million dollarga ko'tarildi, importi esa o'sha davrda 3 393 million dollardan 3 696 million dollargacha o'zgardi [1]. Bunday ijobiy dinamika qayta ishlash quvvatlarini kengaytirish va kapital qo'yimalardan foydalanish samaradorligini oshirish uchun keng imkoniyatlarni ochib beradi.

Tarmoqning ishlab chiqarish bazasi hududiy jihatdan keng tarqalgan. Respublika bo'yicha faoliyat yurituvchi oziq-ovqat sanoati korxonalari soni yigirma mingdan oshadi, ularning eng katta ulushi Toshkent viloyati, Toshkent shahri va Samarqand viloyatiga to'g'ri keladi [2]. Ichki bozorning hajmi ham izchil kengaymoqda: oziq-ovqat bozori daromadi 2024-yilda taxminan 9,7 milliard dollarni tashkil etdi va uning yillik o'rtacha o'sishi yuqori darajada baholandi [3]. Bozorning o'sishi yangi investitsiyalarni jalb qilish va quyi tarmoqlarni modernizatsiyalash uchun qulay zamin yaratadi.

Investitsiyalarning iqtisodiy ta'sirini aniq o'lchash sanoat siyosatini asoslashning muhim sharti hisoblanadi. Kapital qo'yimlar hajmini oshirishning o'zi mahsuldorlik o'sishini to'liq kafolatlamaydi; pirovard natija investitsiyalarning texnologik yangilanish va resurslardan oqilona foydalanishga qanchalik samarali aylanishiga bog'liq. Quyi tarmoqlar o'rtasida qayta ishlash darajasi sezilarli farqlanadi - meva va sabzavotlarning atigi o'n besh foizi, go'sht va sutning o'n olti foizi qayta ishlanadi [1] - bu investitsion salohiyatning notekis taqsimlanganini va ayrim quyi tarmoqlarda qo'shimcha o'sish zaxiralari mavjudligini bildiradi. Shuning uchun har bir quyi tarmoqda investitsiyalardan foydalanish samaradorligini qiyosiy o'lchay oladigan ishonchli uslubiy vosita talab etiladi.

Ushbu maqolaning maqsadi oziq-ovqat sanoati tarmoqlari va quyi tarmoqlarida investitsion samaradorlikni DEA-Malmquist yondashuvi asosida baholashning nazariy-uslubiy modelini ishlab chiqish hamda uni O'zbekiston sanoatining tasdiqlangan ko'rsatkichlariga tatbiq etish imkoniyatlarini asoslashdan iborat. Maqola izchil tuzilgan: avval yondashuvning nazariy ildizlari va amaliy qo'llanilishi ko'rib chiqiladi, so'ng uslubiy apparat bayon etiladi, keyin model O'zbekiston oziq-ovqat sanoatining real ma'lumotlariga nisbatan talqin qilinadi, yakunda esa amaliy xulosa va tavsiyalar shakllantiriladi.

ADABIYOTLAR SHARHI

Samaradorlikni nosparametrik usulda baholashning zamonaviy apparatiga asos solgan ish ma'lumotlarni qamrab olish tahlili (Data Envelopment Analysis, DEA) modelini taklif etgan tadqiqot bo'ldi; unda bir nechta kirish va chiqishga ega qaror qabul qiluvchi birliklarning nisbiy samaradorligi chiziqli dasturlash orqali aniqlanadigan usul ishlab chiqildi [4]. Keyinchalik bu model masshtab samarasini hisobga oluvchi o'zgaruvchan masshtab qaytimi shakliga kengaytirildi va texnik samaradorlikni sof texnik hamda masshtab tarkibiy qismlariga ajratish imkonini berdi [5]. Mazkur ikki model birgalikda samaradorlik chegarasini empirik tarzda qurish va undan og'ishlarni o'lchashning mustahkam asosini yaratdi.

Mahsuldorlikning vaqt bo'yicha o'zgarishini o'lchashda Malmquist mahsuldorlik indeksi keng tarqaldi. Uning iqtisodiy nazariyasi masofa funksiyalari yordamida kirish, chiqish va mahsuldorlik taqqoslashlarini umumlashtirgan ishda shakllantirildi [6]. DEA chegarasidan kelib chiqib indeksni amaliy hisoblash va uni samaradorlik o'zgarishi hamda texnologik o'zgarish komponentlariga ajratish usuli sanoatlashgan davlatlar misolida asoslab berildi [7]. Indeksning texnologik o'zgarish qismini yo'nalisli (biased) tarkibiy qismlarga ajratish bo'yicha nazariy kengaytma esa mahsuldorlik o'sishi manbalarini yanada nozik tahlil qilish imkonini ochdi [8]. Yondashuvning nazariy asoslari va amaliy qo'llanilishini umumlashtirgan sharh uning metodologik yetukligini mustahkamladi [9].

DEA-Malmquist yondashuvi turli sohalarda muvaffaqiyatli sinovdan o'tdi. Hindiston oziq-ovqat qayta ishlash sanoati misolida bozor liberallashtirishdan keyin tarmoqning umumiy omilli mahsuldorligi ijobiy o'zgargani va kapital qo'yimlardan foydalanish darajasi oshgani ko'rsatildi [10]. Xitoyning Anxoy provinsiyasi qishloq xo'jaligida uch bosqichli DEA va Malmquist indeksini birlashtirgan model samaradorlikni sof texnik, masshtab va atrof-muhitga moslashtirilgan komponentlarga ajratib baholadi [11]. Afrikaning Sahroi Kabir janubidagi qirq to'rt davlat qishloq xo'jaligi mahsuldorligini ellik to'qqiz yillik panel ma'lumotlar asosida o'rgangan tadqiqot esa nosparametrik chegara usullarining keng qo'llanish imkoniyatini namoyish etdi [12].

Yondashuvning uslubiy takomili davom etmoqda. Ma'lumotlardagi noaniqlikni hisobga oluvchi robust Malmquist mahsuldorlik indeksi ko'rsatkichlarning mustahkamligini oshirdi [13]. Ikki bosqichli tarmoq tizimlari uchun ishlab chiqilgan model esa ishlab chiqarish jarayonining ichki bosqichlarini ham qamrab oldi [14]. Tartibga solinadigan tarmoqlar uchun yagona tarozilar to'plamiga asoslangan chiziqli umumiy Malmquist indeksi amaliy hisoblashni soddalashtirdi va davlat tomonidan nazorat qilinadigan sohalarda qiyosiy baholashga qulaylik yaratdi [15]. Mavjud manbalar yondashuvning ko'p qirraliligini tasdiqlasa-da, uning O'zbekiston oziq-ovqat sanoati quyi tarmoqlariga moslashtirilgan tatbiqi hali to'liq ishlab chiqilmagan; ushbu holat maqolaning uslubiy hissasini belgilaydi.

METODOLOGIYA

Yondashuvning birinchi tarkibiy qismi ishlab chiqarish chegarasini empirik qurishga asoslanadi. Har bir quyi tarmoq yoki korxona qaror qabul qiluvchi birlik sifatida qaraladi; uning kirish resurslari hamda chiqish natijalari nisbatiga ko'ra eng yaxshi natijaga erishgan birliklar samaradorlik chegarasini hosil qiladi, qolganlarining samaradorligi esa shu chegaragacha bo'lgan masofa orqali o'lchanadi [4]. O'zgaruvchan masshtab qaytimi

sharti qo‘shilganda, texnik samaradorlik sof texnik va masshtab samaradorligi qismlariga ajraladi va korxona hajmining optimallik darajasini alohida baholash imkonini beradi [5].

Ikkinchi tarkibiy qism mahsuldorlikning ikki davr orasidagi o‘zgarishini o‘lchaydi. Chiqishga yo‘naltirilgan masofa funksiyalari yordamida ifodalanadigan Malmquist mahsuldorlik indeksi ketma-ket ikki davr uchun hisoblangan indekslarning geometrik o‘rtachasi sifatida aniqlanadi [6]. Indeks ikki ma‘noli iqtisodiy talqinga ega tarkibiy qismlarga ajraladi:

$$TFPCH = EFFCH \times TECHCH,$$

$$EFFCH = PECH \times SECH,$$

bu yerda TFPCH - umumiy omilli mahsuldorlik o‘zgarishi, EFFCH - samaradorlik o‘zgarishi (birlikning chegaraga yaqinlashuvi, ya‘ni «quvib yetish» effekti), TECHCH - texnologik o‘zgarish (chegaraning o‘zi siljishi, ya‘ni texnologik yangilanish), PECH - sof texnik samaradorlik o‘zgarishi, SECH - masshtab samaradorligi o‘zgarishi [7]. Komponentlarni talqin qilish mezonini yagona: indeks birdan katta bo‘lsa mahsuldorlik o‘shishini, birga teng bo‘lsa o‘zgarishsizlikni, birdan kichik bo‘lsa pasayishni anglatadi. Texnologik o‘zgarish qismini yo‘nalishli tarkibiy qismlarga ajratish mahsuldorlik o‘shishining manbalarini yanada nozik aniqlashga xizmat qiladi [8].

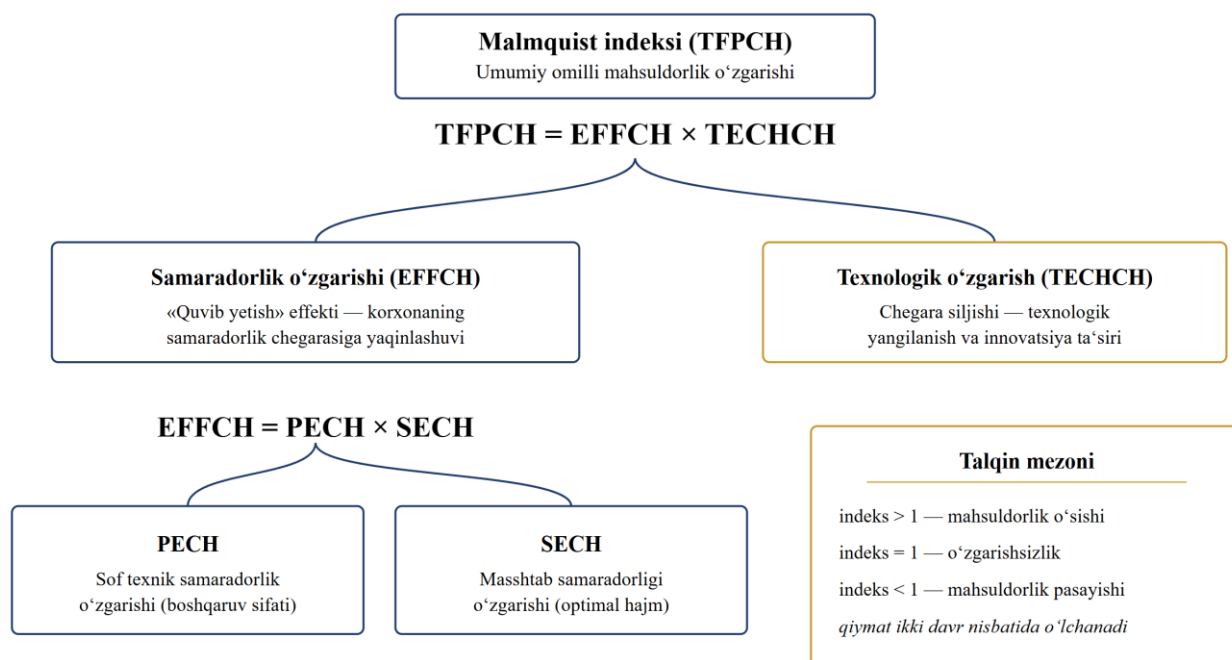
Yondashuvning oziq-ovqat sanoatiga tatbiqi kirish va chiqish o‘zgaruvchilarini to‘g‘ri tanlashni talab etadi. Kirish sifatida kapital qo‘yilmalar, mehnat resurslari, qishloq xo‘jaligi xom ashyosi va energiya sarfi; chiqish sifatida esa ishlab chiqarilgan mahsulot qiymati, qayta ishlangan mahsulot hajmi, qo‘shilgan qiymat va eksport tushumi qabul qilinadi. Quyidagi 1-jadval ushbu o‘zgaruvchilar tarkibini tizimlashtiradi.

1-jadval

Oziq-ovqat sanoati uchun DEA-Malmquist modeli o‘zgaruvchilari¹

O‘zgaruvchi turi	Tarkibiy ko‘rsatkichlar	Iqtisodiy mazmuni
Kirish (input)	Kapital qo‘yilmalar; mehnat resurslari; qishloq xo‘jaligi xom ashyosi; energiya sarfi	Quyi tarmoqqa jalb etilgan iqtisodiy resurslar hajmi
Chiqish (output)	Ishlab chiqarilgan mahsulot qiymati; qayta ishlangan mahsulot hajmi; qo‘shilgan qiymat; eksport tushumi	Resurslardan olingan iqtisodiy natija
Indeks natijasi	TFPCH; EFFCH; TECHCH; PECH; SECH	Mahsuldorlik o‘zgarishi va uning manbalari

¹ Manba: Caves va boshqalar [6] hamda Fare va boshqalar [7] modellari asosida muallif tomonidan tuzilgan.



1-rasm. DEA-Malmquist indeksining tarkibiy qismlarga ajralish sxemasi²

TAHLIL VA NATIJALAR

Yondashuvning amaliy mazmunini O'zbekiston oziq-ovqat sanoatining tasdiqlangan ko'rsatkichlari misolida ko'rib chiqish mumkin. Sanoatning tashqi savdo balansi qayta ishlash quvvatlarining o'sib borayotgani va investitsion jarayonning ijobiy yo'nalishini namoyish etadi. Quyidagi 2-jadval tarmoq bo'yicha rasmiy statistik ma'lumotlarni umumlashtiradi.

2-jadval

O'zbekiston oziq-ovqat sanoati tashqi savdosi[1] (million AQSh dollari)

Ko'rsatkich	Yil			
	2022	2023	2024	2025
Jami eksport	1 632	1 778	2 175	2 500
Jami import	3 393	3 496	3 696	4 000
Savdo balansi	-1 761	-1 718	-1 521	-1 500
Almashuv kursi (so'm/AQSh dollari)	11 051	11 737	12 653	12 900

2-jadval ma'lumotlari savdo taqchilligining izchil qisqarib borayotganini ko'rsatadi: salbiy balans 2022-yildagi 1 761 million dollardan 2024-yilda 1 521 million dollargacha kamaydi [1]. Bu o'zgarish eksport hajmining import o'sishidan tezroq ortgani bilan izohlanadi va qayta ishlash bosqichida qo'shilgan qiymatning oshib borayotganidan dalolat beradi. DEA-Malmquist talqinida bunday holat chiqish ko'rsatkichlarining kirish resurslariga nisbatan nisbatan tezroq o'sishini, ya'ni mahsuldorlik indeksining birdan katta qiymat tomon harakatlanishini taqozo etadi.

² Manba: nazariy modellar [6]; [7] asosida mualliftomonidan ishlab chiqilgan.

Quyi tarmoqlar darajasida investitsion salohiyat notekis taqsimlangan. Meva-sabzavotlarning yiliga yetishtiriladigan yigirma million tonnasidan atigi o'n besh foizi uzoq muddat saqlash uchun qayta ishlanadi, go'sht va sutning esa o'n olti foizi qayta ishlovdan o'tadi [1]. Davlat 2026-yilga qadar sutni qayta ishlash darajasini o'ttiz ikki foizga, go'shtni yigirma besh foizga, meva-sabzavotlarni esa yigirma sakkiz foizga yetkazish maqsadini belgilagan [1]. Sovitkichli saqlash quvvati 2024-yilda 1,3 million tonnani tashkil etib, yetishtirilgan mahsulotning besh butun o'ndan to'rt foizini qamrab oldi; uni 2027-yilga qadar 1,9 million tonnaga oshirish rejalashtirilgan [1]. Modelda bu ko'rsatkichlar past dastlabki samaradorlik darajasini bildiradi; ushbu quyi tarmoqlarga yo'naltirilgan investitsiyalar esa yuqori «quvib yetish» effektini, ya'ni katta EFFCH qiymatini berishi kutiladi.

Bunday kutilmaning ishonchliligi xalqaro empirik natijalar bilan tasdiqlanadi. Hindiston oziq-ovqat qayta ishlash sanoatida kapital qo'yilmalar faollashganidan keyin umumiy omilli mahsuldorlikning ijobiy o'zgargani ko'rsatilgan edi [10]. Xitoy qishloq xo'jaligi misolida esa uch bosqichli DEA va Malmquist indeksi samaradorlikning o'sishi asosan texnologik yangilanish va masshtab optimallasuvi hisobiga yuzaga kelishini aniqladi [11]. Ushbu natijalar O'zbekiston quyi tarmoqlari uchun ham texnologik yangilanishga yo'naltirilgan investitsiyalarning TECHCH komponentini, modernizatsiya esa SECH komponentini o'stirishi mumkinligini nazariy jihatdan asoslaydi.

Olib borilgan tahlil quyidagi izchil natijani beradi. Birinchidan, sanoatning umumlashgan savdo ko'rsatkichlari mahsuldorlikning ijobiy yo'nalishini qo'llab-quvvatlaydi. Ikkinchidan, qayta ishlash darajasi past bo'lgan quyi tarmoqlar - meva-sabzavot, go'sht va sut yo'nalishi - eng yuqori investitsion salohiyatga ega bo'lib, ularda samaradorlik o'zgarishi (EFFCH) orqali tez o'sishga erishish imkoniyati mavjud. Uchinchidan, texnologik o'zgarish (TECHCH) qismi modernizatsiya va innovatsion uskunalarga qilingan investitsiyalar bilan bevosita bog'liq bo'lib, uzoq muddatli o'sishning asosiy manbai bo'lib xizmat qiladi. Bu natijalar DEA-Malmquist yondashuvining oziq-ovqat sanoati quyi tarmoqlarini qiyosiy baholashda yetarli izchillik va talqin kuchiga ega ekanligini ko'rsatadi.

XULOSA VA TAKLIFLAR

Maqola oziq-ovqat sanoati tarmoqlari va quyi tarmoqlarida investitsion samaradorlikni baholashning nazariy-uslubiy modelini DEA-Malmquist yondashuvi doirasida ishlab chiqdi. Model umumiy omilli mahsuldorlik o'zgarishini samaradorlik va texnologik o'zgarish komponentlariga, samaradorlik o'zgarishini esa sof texnik va masshtab qismlariga ajratish imkonini beradi. Bunday tarkibiy yondashuv investitsiyalarning natijaga aylanish mexanizmini shaffof ko'rsatadi va sanoat siyosatini asoslashga mustahkam uslubiy zamin yaratadi.

Olib borilgan baholash O'zbekiston oziq-ovqat sanoatida savdo balansining yaxshilanayotgani va qayta ishlash darajasi past quyi tarmoqlarda yuqori investitsion salohiyat mavjudligini ko'rsatdi. Olingan natijalar asosida quyidagi amaliy tavsiyalar shakllantiriladi.

1. Investitsiyalarni dastlab qayta ishlash darajasi past bo'lgan quyi tarmoqlarga - meva-sabzavot, go'sht va sut yo'nalishlariga - yo'naltirish maqsadga muvofiq, chunki bu yerda samaradorlik o'zgarishi orqali tez o'sishga erishish imkoniyati eng yuqori.

2. Texnologik yangilanish va zamonaviy uskunalarga qilinadigan kapital qo'yimalarni rag'batlantirish texnologik o'zgarish komponentini o'stirib, uzoq muddatli mahsuldorlik o'sishini ta'minlaydi.

3. Sovutkichli saqlash va logistika quvvatlarini kengaytirish resurs yo'qotishlarini kamaytiradi va chiqish ko'rsatkichlarini oshirib, indeks qiymatini yaxshilaydi.

4. Quyi tarmoqlar bo'yicha panel ma'lumotlarni muntazam to'plash va DEA-Malmquist indeksini davriy hisoblash investitsion qarorlarni dalillarga asoslangan holda qabul qilish imkonini beradi.

Kelgusi tadqiqotlar quyi tarmoqlar kesimidagi panel ma'lumotlarga tayanib indeksning empirik qiymatlarini hisoblashga, hududiy farqlarni o'rganishga va modelni mintaqaviy ijtimoiy-iqtisodiy monitoring tizimlari bilan integratsiyalashga yo'naltirilishi mumkin. Bunday yo'nalish DEA-Malmquist yondashuvining amaliy qiymatini yanada oshiradi va sanoatning barqaror rivojlanishini qo'llab-quvvatlaydi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. International Trade Administration, U.S. Department of Commerce. Uzbekistan - Food Processing. Country Commercial Guide, 2025. <https://www.trade.gov/country-commercial-guides/uzbekistan-food-processing>

2. O'zbekiston Respublikasi Milliy statistika qo'mitasi. Oziq-ovqat mahsulotlari ishlab chiqarish sanoati. <https://stat.uz/uz/matbuot-markazi/qo-mita-yangiliklar/19299-oziq-ovqat-mahsulotlari-ishlab-chiqarish-sanoati>

3. Statista. Food - Uzbekistan. Statista Market Forecast, 2024. <https://www.statista.com/outlook/cmo/food/uzbekistan>

4. Charnes A., Cooper W.W., Rhodes E. Measuring the efficiency of decision making units. European Journal of Operational Research, 1978, 2(6), 429-444. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8)

5. Banker R.D., Charnes A., Cooper W.W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. Management Science, 1984, 30(9), 1078-1092. <https://doi.org/10.1287/mnsc.30.9.1078>

6. Caves D.W., Christensen L.R., Diewert W.E. The economic theory of index numbers and the measurement of input, output, and productivity. Econometrica, 1982, 50(6), 1393-1414. <https://www.jstor.org/stable/1913388>

7. Färe R., Grosskopf S., Norris M., Zhang Z. Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries. The American Economic Review, 1994, 84(1), 66-83. <https://ideas.repec.org/a/aea/aecrev/v84y1994i1p66-83.html>

8. Färe R., Grifell-Tatjé E., Grosskopf S., Lovell C.A.K. Biased technical change and the Malmquist productivity index. The Scandinavian Journal of Economics, 1997, 99(1), 119-127.

https://www.researchgate.net/publication/227633099_Biased_TC_and_the_Malmquist_Productivity_Index

9. Färe R., Grosskopf S. Malmquist productivity indexes: a survey of theory and practice. In: Index Numbers: Essays in Honour of Sten Malmquist. Springer, 1998. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-011-4858-0_4

10. Baliyan S.K., Kumar S., Baliyan K. Efficiency and productivity growth of food processing industry in India: a Malmquist index approach. SSRN, 2020. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3559663
11. Analyze agricultural efficiency and influencing factors based on the three-stage DEA model and Malmquist index. Frontiers in Earth Science, 2025, Vol. 13. <https://doi.org/10.3389/feart.2025.1633859>
12. Comparative performance of agricultural productivity in 44 SSA countries for a period of 59 years (1961-2019): a Malmquist productivity index approach. PLOS ONE, 2023. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0284461>
13. The robust Malmquist productivity index: a framework for measuring productivity changes over time under uncertainty. Mathematics (MDPI), 2025, 13(11), 1727. <https://www.mdpi.com/2227-7390/13/11/1727>
14. Malmquist productivity index for two-stage network systems under data uncertainty: a real-world case study. PLOS ONE, 2024. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0307277>
15. Malmquist productivity index from a regulator's perspective. Annals of Operations Research, 2025. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10479-025-06507-w>

Copyright: ©2026 by the authors. This work is licensed under a Creative Commons Attribution- 4.0 International License (CC - BY 4.0)

