

MEASURING TECHNICAL EFFICIENCY AND FARMERS' NARRATIVE OF JUTE CULTIVATION IN BANGLADESH

POMIAR EFEKTYWNOŚCI TECHNICZNEJ I NARRACJE ROLNIKÓW NA TEMAT UPRAWY JUTY W BANGLADESZU

KAZI MOSTAFA ARIF
MD ARIFUL ISLAM
NAHID HASAN

Citation: Arif, K.M., Islam, M.A., & Hasan, N. (2026). Measuring Technical Efficiency and Farmers' Narrative of Jute Cultivation in Bangladesh / Pomiar efektywności technicznej i narracje rolników na temat uprawy juty w Bangladeszu. *Zagadnienia Ekonomiki Rolnej / Problems of Agricultural Economics*, 388(3), 106–132. <https://doi.org/10.30858/zer/221027>

Abstract

Aim: The objective of this study is to evaluate the technical efficiency of jute farmers in Bangladesh and to examine their socioeconomic challenges by developing a Farmers' Narrative Index (FNI) that links production efficiency with farmers' experiences.

Material and methods: A quantitative field survey was conducted using a structured questionnaire informed by a literature review and reconnaissance survey. During March and April 2024, data were collected from 150 active jute farmers selected through convenience sampling across six upazilas in the Kushtia district, a central jute-producing region. Farmers were categorized by farm size. Technical efficiency was assessed using the stochastic frontier analysis (SFA) method. The FNI was developed to evaluate socioeconomic challenges and identify disparities using district-level survey data.

Results: The SFA results indicate that jute farmers exhibit a high average technical efficiency of 89%, reflecting nearly optimal utilization of existing technology. Fertilizer and irrigation significantly increased output, whereas higher seed costs were associated with reduced productivity. The FNI identified key regional disparities, highlighting primary challenges such as low market prices, water scarcity, and financial constraints. Favorable conditions, including good weather and NGO support, were also identified as factors enhancing yields.

Conclusion: The findings show that although jute farmers are technically efficient, their productivity is heavily limited by socioeconomic barriers. Consequently, policies that focus on input affordability, irrigation infrastructure, and market mechanisms are crucial. The FNI provides policymakers with a practical tool to identify vulnerable regions and customize support programs effectively, ultimately improving the sustainability and productivity of jute farming in Bangladesh.

The authors are affiliated with the Islamic University, Department of Economics, Kushtia-7003, Bangladesh.

Kazi Mostafa Arif, PhD (arif@eco.iu.ac.bd).  <https://orcid.org/0000-0002-1086-2670>

Md Ariful Islam, PhD (arifulislam@eco.iu.ac.bd).  <https://orcid.org/0000-0003-1103-9763>

Nahid Hasan, MSS Student (nahidhasan.iu.bd@gmail.com).  <https://orcid.org/0009-0006-2250-5060>

Keywords: technical efficiency, Farmers' Narrative Index, stochastic frontier analysis, jute production, Bangladesh.

JEL codes: O18, Q10, Q12, Q19, R32.

Abstrakt

Cel: Celem niniejszego badania jest ocena efektywności technicznej plantatorów juty w Bangladeszu oraz zbadanie wyzwań społeczno-ekonomicznych, z którymi się mierzą, poprzez opracowanie wskaźnika narracji rolników (Farmers' Narrative Index, FNI), łączącego efektywność produkcji z doświadczeniami rolników.

Materiał i metody: Przeprowadzono ilościowe badanie terenowe z wykorzystaniem ustrukturyzowanego kwestionariusza opracowanego na podstawie przeglądu literatury oraz badania rekonesansowego. W marcu i kwietniu 2024 r. zebrano dane od 150 aktywnych plantatorów juty, dobranych metodą doboru wygodnego, w sześciu upazilach dystryktu Kushtia – centralnego regionu produkcji juty. Rolników podzielono według wielkości gospodarstwa. Efektywność techniczną oceniono z wykorzystaniem metody stochastycznej analizy granicznej (SFA). FNI opracowano w celu oceny wyzwań społeczno-ekonomicznych oraz identyfikacji dysproporcji z wykorzystaniem danych ankietowych na poziomie dystryktu.

Wyniki: Wyniki SFA wskazują, że plantatorzy juty osiągają wysoką średnią efektywność techniczną, wynoszącą 89%, co odzwierciedla niemal optymalne wykorzystanie istniejącej technologii. Nawożenie i nawadnianie istotnie zwiększały produkcję, natomiast wyższe koszty nasion wiązały się ze spadkiem produktywności. FNI pozwolił zidentyfikować kluczowe dysproporcje regionalne, uwypuklając główne wyzwania, takie jak niskie ceny rynkowe, niedobór wody oraz ograniczenia finansowe. Jako czynniki zwiększające plony wskazano również korzystne warunki, w tym dobrą pogodę oraz wsparcie organizacji pozarządowych.

Wnioski: Wyniki pokazują, że choć plantatorzy juty są efektywni technicznie, ich produktywność jest silnie ograniczana przez bariery społeczno-ekonomiczne. W związku z tym kluczowe znaczenie mają polityki ukierunkowane na przystępność cenową nakładów, infrastrukturę nawadniającą oraz mechanizmy rynkowe. FNI dostarcza decydentom praktycznego narzędzia do identyfikowania regionów szczególnie narażonych na trudności oraz do skutecznego dostosowywania programów wsparcia, co ostatecznie przyczynia się do poprawy trwałości i produktywności uprawy juty w Bangladeszu.

Słowa kluczowe: efektywność techniczna, wskaźnik narracji rolników, stochastyczna analiza graniczna, produkcja juty, Bangladesz.

Kody JEL: O18, Q10, Q12, Q19, R32.

Introduction

Jute (*Corchorus* spp.), often called the “golden fibre,” has significant economic and environmental importance worldwide. Bangladesh is the world's second-largest producer and the leading exporter of jute and jute products, with an annual output of approximately 1.6 million tons and nearly one billion dollars in export revenue. The sector supports the livelihoods of millions of smallholder farmers and tens of thousands of workers in the milling industry (Ashrafuzzaman & Islam, 2020; Food and Agriculture Organization [FAO], 2023; Yasmin & Moniruzzaman, 2024). Beyond its economic importance, jute functions as a biodegradable geotextile, providing a sustainable alternative to plastic fibers. Its growing use in textiles, bioplastics, and the automotive industry further underscores its contribution to several Sustainable Development Goals (SDGs 3, 8, 12, and 13) (Asif et al., 2025; Chakraborty, 2020; Karim et al., 2021; Niloy, 2021).

Wstęp

Juta (*Corchorus* spp.), często nazywana „złotym włóknem”, ma istotne znaczenie gospodarcze i środowiskowe na całym świecie. Bangladesz jest drugim co do wielkości producentem juty na świecie oraz największym eksporterem juty i wyrobów jutowych. Roczna produkcja wynosi tam około 1,6 mln ton, a przychody z eksportu sięgają blisko miliarda dolarów. Sektor ten stanowi podstawę utrzymania milionów drobnych rolników oraz dziesiątek tysięcy pracowników przemysłu przetwórczego (Ashrafuzzaman i Islam, 2020; Food and Agriculture Organization [FAO], 2023; Yasmin i Moniruzzaman, 2024). Poza znaczeniem gospodarczym juta pełni funkcję biodegradowalnej geowłókniny, stanowiąc zrównoważoną alternatywę dla włókien z tworzyw sztucznych. Jej rosnące zastosowanie w branży tekstylnej, biotworzywach i przemyśle motoryzacyjnym dodatkowo podkreśla jej wkład w realizację kilku Celów Zrównoważonego

Despite robust demand and significant potential, jute production in Bangladesh has fluctuated and declined overall over the past decade. This paradox, in which a crop of notable environmental and economic value faces ongoing production instability, represents the central concern of this study. The decline is attributed to several factors, including competition from synthetic fibers, volatile market prices, rising production costs, limited access to modern agricultural extension services, and persistent reliance on traditional cultivation practices among smallholders (Afroz & Islam, 2012; Hussain, 2015; Islam & Moniruzzaman, 2017). These challenges raise critical questions about the technical efficiency of jute cultivation at the farm level and the perspectives of the farmers engaged in its production.

The literature offers divergent perspectives on this issue. Agricultural economics research in Bangladesh has often employed methods such as stochastic frontier analysis (SFA) to evaluate technical efficiency in staple crops, including rice and vegetables (e.g., Coelli et al., 2002; Wadud & White, 2000). However, empirical investigations specifically addressing the input–output efficiency of jute cultivation remain scarce. Conversely, sociological and agricultural studies have qualitatively examined the constraints and perceptions of jute farmers (e.g., Sheheli & Roy, 2014). These two approaches – the quantitative evaluation of productive efficiency and the qualitative exploration of farmer experiences – are largely unconnected. This lack of integration underscores a significant research gap: the absence of a holistic analysis linking measurable efficiency outcomes to farmers’ motivations, challenges, and experiences.

To address this gap, the present study aims to achieve two primary objectives. First, it quantitatively assesses the technical efficiency of jute-producing farms in a major cultivation region of Bangladesh (Kushtia district) and identifies the principal socio-economic and agronomic factors contributing to inefficiency. Second, it qualitatively documents and analyses jute farmers’ narratives by developing and applying a structured Farmers’ Narrative Index (FNI) to systematically capture their perceptions, constraints, and attitudes toward cultivation.

This study offers three principal contributions. First, it provides a rigorous, farm-level technical efficiency analysis for jute, supplying empirical evidence on productivity gaps in an under-researched crop. Second, it integrates this quantitative assessment with a novel qualitative instrument (the FNI), facilitating a more comprehensive understanding of the jute cultivation system. Third, the combined findings are designed to inform actionable, evidence-based

Rozwoju (Sustainable Development Goals [SDG] nr 3, 8, 12 i 13) (Asif i in., 2025; Chakraborty, 2020; Karim i in., 2021; Niloy, 2021).

Pomimo silnego popytu i znacznego potencjału produkcja juty w Bangladeszu podlegała wahaniom, a w ostatniej dekadzie ogólnie spadała. Ten paradoks – sytuacja, w której produkcja rośliny o znaczącej wartości środowiskowej i gospodarczej mierzy się z utrzymującą się niestabilnością – stanowi główny przedmiot zainteresowania niniejszego badania. Spadek ten przypisuje się kilku czynnikom, w tym konkurencji ze strony włókien syntetycznych, zmiennym cenom rynkowym, rosnącym kosztom produkcji, ograniczonemu dostępowi do nowoczesnych usług doradztwa rolniczego oraz utrzymującemu się poleganiu drobnych rolników na tradycyjnych praktykach uprawy (Afroz i Islam, 2012; Hussain, 2015; Islam i Moniruzzaman, 2017). Wyzwania te rodzą istotne pytania o efektywność techniczną uprawy juty na poziomie gospodarstw oraz o perspektywę rolników zaangażowanych w jej produkcję.

Dotychczasowa literatura przedstawia w tej kwestii rozbieżne perspektywy. W badaniach z zakresu ekonomii rolnictwa w Bangladeszu często stosowano metody takie jak stochastyczna analiza graniczna (SFA) do oceny efektywności technicznej upraw podstawowych, w tym ryżu i warzyw (np. Coelli i in., 2002; Wadud i White, 2000). Empiryczne analizy poświęcone konkretnie efektywności nakładów i produkcji w uprawie juty pozostają jednak nieliczne. Z kolei badania socjologiczne i rolnicze jakościowo analizowały ograniczenia oraz sposób postrzegania sytuacji przez plantatorów juty (np. Sheheli i Roy, 2014). Te dwa podejścia – ilościowa ocena efektywności produkcyjnej oraz jakościowa analiza doświadczeń rolników – pozostają w dużej mierze niepowiązane. Brak tej integracji uwypukla istotną lukę badawczą: brak całościowej analizy łączącej mierzalne wyniki efektywności z motywacjami, wyzwaniami i doświadczeniami rolników.

Aby wypełnić tę lukę, niniejsze badanie zmierza do realizacji dwóch głównych celów. Po pierwsze ilościowo ocenia efektywność techniczną gospodarstw produkujących jutę w jednym z głównych regionów jej uprawy w Bangladeszu, czyli w dystrykcie Kushtia, oraz identyfikuje główne czynniki społeczno-ekonomiczne i agronomiczne przyczyniające się do nieefektywności. Po drugie jakościowo dokumentuje i analizuje narracje plantatorów juty poprzez opracowanie i zastosowanie ustrukturyzowanego wskaźnika narracji rolników (Farmers’ Narrative Index, FNI), który w systematyczny sposób ujmuje ich sposób postrzegania sytuacji, ograniczenia oraz postawy wobec uprawy.

policy and extension recommendations that address both objective inefficiency determinants and subjective, narrative-driven barriers, thereby supporting the sustainable revitalisation of Bangladesh's jute sector. The following section offers an overview of the literature. Section three addresses methodological considerations, while section four presents the results and analysis in detail. Finally, section five draws conclusions based on the study's findings.

Literature Review

Stochastic frontier analysis is a well-established method for assessing technical efficiency in Bangladeshi agricultural economics, with extensive applications to staple crops such as rice, maize, and chili (e.g., Coelli et al., 2002; Wadud & White, 2000). These studies provide a framework for identifying input–output inefficiencies and their determinants. However, this quantitative approach captures only one dimension of agricultural systems. A comprehensive analysis of a crop's development must also consider socio-economic constraints, market dynamics, and farmer perceptions that influence production decisions. This review synthesises research on jute cultivation from both quantitative and qualitative perspectives to clarify the specific gap this study addresses.

A limited but growing body of research has applied quantitative economic models to jute. Rahman et al. (2017) conducted a national-level analysis, identifying significant growth in jute area, production, and exports, along with a mean production efficiency of 75%, suggesting potential for yield improvement. This sub-optimal efficiency is further supported by studies documenting a decline in jute area and productivity in South Asia (Singh et al., 2019). At the farm level, financial analyses present mixed results. Molla et al. (2015) reported that jute cultivation was more profitable than its main competitor, Aus rice, in their study areas. According to the study conducted by Rahman et al. (2017) that examined farm survey data from two major jute-growing areas in Bangladesh, the jute sector

Niniejsze badanie wnosi wkład o trojakim charakterze. Po pierwsze dostarcza rygorystycznej analizy efektywności technicznej uprawy juty na poziomie gospodarstw, przedstawiając dowody empiryczne dotyczące luk w produktywności słabo zbadanej rośliny uprawnej. Po drugie łączy tę ocenę ilościową z nowatorskim narzędziem jakościowym, czyli FNI, co umożliwia pełniejsze zrozumienie systemu uprawy juty. Po trzecie połączone wyniki mają służyć formułowaniu praktycznych, opartych na dowodach zaleceń w zakresie polityki i doradztwa rolniczego, odnoszących się zarówno do obiektywnych determinant nieefektywności, jak i do subiektywnych barier wynikających z narracji rolników. W ten sposób badanie wspiera zrównoważone ożywienie sektora juty w Bangladeszu. W kolejnej części przedstawiono przegląd literatury. Część trzecia omawia kwestie metodologiczne, część czwarta szczegółowo prezentuje wyniki i analizę. W rozdziale piątym przedstawiono wnioski wyciągnięte na podstawie wyników badania.

Przegląd literatury

Stochastyczna analiza graniczna jest ugruntowaną metodą oceny efektywności technicznej w ekonomii rolnictwa Bangladeszu. Szeroko stosowano ją w odniesieniu do upraw podstawowych, takich jak ryż, kukurydza i papryka chili (np. Coelli i in., 2002; Wadud i White, 2000). Badania te dostarczają ram służących identyfikowaniu nieefektywności w relacji nakłady–produkcja oraz jej determinant. Podejście ilościowe ujmuje jednak tylko jeden wymiar systemów rolniczych. Kompleksowa analiza rozwoju danej uprawy musi uwzględniać również ograniczenia społeczno-ekonomiczne, dynamikę rynku oraz sposób postrzegania sytuacji przez rolników, ponieważ czynniki te wpływają na decyzje produkcyjne. Niniejszy przegląd syntetyzuje badania nad uprawą juty zarówno z perspektywy ilościowej, jak i jakościowej, aby doprecyzować konkretną lukę sygnalizowaną w tej pracy.

Ograniczony, lecz rozwijający się nurt badań zastosował ilościowe modele ekonomiczne do analizy juty. Rahman i in. (2017) przeprowadzili analizę na poziomie krajowym, identyfikując znaczący wzrost powierzchni uprawy, produkcji i eksportu juty, a także średnią efektywność produkcji wynoszącą 75%, co wskazuje na potencjał poprawy plonów. Tę suboptymalną efektywność potwierdzają dodatkowo badania dokumentujące spadek powierzchni uprawy i produktywności juty w Azji Południowej (Singh i in., 2019). Na poziomie gospodarstwa analizy finansowe przynoszą niejednoznaczne wyniki. Molla i in. (2015) wykazali, że na badanych przez nich obszarach uprawa juty była bardziej opłacalna niż jej główny konkurent –

has demonstrated growth, international competitiveness, profitability, and production efficiency at the national level. Collectively, these quantitative studies highlight a paradox: jute cultivation can be efficient and profitable under certain conditions, yet it faces systemic constraints that contribute to sector instability.

Qualitative and survey-based research has documented the lived experiences of jute farmers, revealing a complex array of challenges beyond production metrics. Islam et al. (2015), using Principal Component Analysis, identified key constraints such as limited capital and inputs, insufficient knowledge and natural resources, and inadequate market information. According to Islam et al. (2015), key barriers to sustainable jute production in Bangladesh include a lack of capital and inputs, limited access to knowledge and natural resources, and insufficient market information. Evidence from Chandpur district highlights that farmer decision-making is influenced by these constraints rather than solely by technical efficiency.

Despite their contributions, the literature reveals three critical limitations that this study aims to address. Quantitative efficiency studies (e.g., Bristy, 2020; Rahman et al., 2017) and qualitative research on constraints and perceptions (e.g., Islam et al., 2015; Paulsen, 2022) remain largely unconnected. The former quantifies production outcomes but often lacks insight into the causes of inefficiency, while the latter explores farmer narratives and systemic issues without linking them to measurable efficiency outcomes. There is no integrated analysis. Existing farm-level studies are geographically scattered, and Kushtia district, a major centre in the southwestern jute-growing region, has not been examined in the literature. This omission is significant, as location-specific agro-climatic and socio-economic factors can affect both efficiency and farmer experience. There is also no standardised approach in the literature to systematic capturing, quantifying, and analysing collective farmers' narratives for direct comparison with econometric findings.

In response to these gaps, this study provides an integrated assessment of jute cultivation in a key but under-studied region. A report on rice growers in Bangladesh describes the use of Stochastic Frontier Analysis to assess technical efficiency across different farm sizes, estimating productivity gaps and their determinants. By applying both methods to the same population, the study bridges the quantitative–qualitative divide. The objective is to assess the efficiency of jute farming in Kushtia and explain efficiency outcomes through the lived

ryż odmiany Aus. Według badania Rahmana i in. (2017), w którym przeanalizowano dane z badań gospodarstw w dwóch głównych regionach uprawy juty w Bangladeszu, sektor juty wykazywał na poziomie krajowym wzrost, konkurencyjność międzynarodową, opłacalność i efektywność produkcji. Łącznie badania ilościowe ujawniają pewien paradoks: w określonych warunkach uprawa juty może być efektywna i opłacalna, a mimo to napotyka systemowe ograniczenia przyczyniające się do niestabilności sektora.

Badania jakościowe i ankietowe dokumentują rzeczywiste doświadczenia plantatorów juty, ujawniając złożony zestaw wyzwań wykraczających poza same mierniki produkcji. Islam i in. (2015), wykorzystując analizę głównych składowych, zidentyfikowali kluczowe ograniczenia, takie jak ograniczony kapitał i nakłady, niewystarczająca wiedza i zasoby naturalne oraz nieodpowiednie informacje rynkowe. Według badania Islama i in. z 2015 r. do kluczowych barier zrównoważonej produkcji juty w Bangladeszu należą brak kapitału i nakładów, ograniczony dostęp do wiedzy i zasobów naturalnych oraz niewystarczające informacje rynkowe. Dane z dystryktu Chandpur wskazują, że na decyzje rolników wpływają także te ograniczenia, a nie wyłącznie efektywność techniczna.

Mimo swojego wkładu dotychczasowa literatura ujawnia trzy zasadnicze luki, którymi zajmuje się niniejsze badanie. Ilościowe badania efektywności (np. Bristy, 2020; Rahman i in., 2017) oraz badania jakościowe nad ograniczeniami i sposobem postrzegania sytuacji (np. Islam i in., 2015; Paulsen, 2022) pozostają w dużej mierze niepowiązane. Pierwsze z nich określają ilościowo wyniki produkcji, lecz często nie dają wglądu w przyczyny nieefektywności. Drugie analizują narracje rolników i problemy systemowe, nie wiążąc ich jednak z mierzalnymi wynikami efektywności. Brakuje zatem analizy zintegrowanej. Badania na poziomie gospodarstw są geograficznie rozproszone, a dystrykt Kushtia – ważny ośrodek w południowo-zachodnim regionie uprawy juty – nie był dotąd analizowany. Pominięcie to jest istotne, ponieważ lokalne czynniki agroklimatyczne i społeczno-ekonomiczne mogą wpływać zarówno na efektywność, jak i na doświadczenia rolników. W literaturze nie ma również ustandaryzowanego podejścia do systematycznego ujęcia, ilościowego przedstawiania i analizowania zbiorowych narracji rolników w celu ich bezpośredniego porównania z wynikami ekonometrycznymi.

W odpowiedzi na te luki niniejsze badanie dostarcza zintegrowanej oceny uprawy juty w kluczowym, lecz słabo zbadanym regionie. Raport dotyczący producentów ryżu w Bangladeszu opisuje

experiences and narratives of farmers, providing a comprehensive evidence base for targeted policy interventions.

Material and Methods

This study employs a stochastic frontier analysis (SFA) to evaluate firm-level technical efficiency in jute production. It also develops the Farmers' Narrative Index (FNI) to capture farmers' perceptions and overall state of jute cultivation.

Sample Size and Sampling Methods

A cross-sectional field survey was conducted using a structured questionnaire, which was developed based on an extensive review of relevant literature and a preliminary reconnaissance survey. The questionnaire underwent pre-testing and subsequent refinement to ensure clarity and consistency. According to the Bangladesh Bureau of Statistics (BBS, 2022), jute cultivation in 2021 spanned approximately 40,996 hectares across six upazilas in the Kushtia district. Due to the lack of a comprehensive and current sampling frame of active jute farmers, probability-based random sampling was not feasible. Therefore, a purposive convenience sampling approach was utilized to identify farmers actively engaged in jute cultivation. To improve representativeness and minimize potential selection bias, farmers were selected from multiple villages within each upazila using uniform criteria, and farms of varying operational sizes were included. In total, 150 active jute-cultivating farmers were selected. Farmers were classified as marginal (50–100 decimals¹), small (101–250 decimals), and medium-to-large (> 251 decimals), following Rahman et al. (2017). Only relevant and experienced jute farmers were included in the survey to ensure accurate measurement of technical efficiency. This sample size, encompassing all farm size categories, was chosen to ensure heterogeneity and sufficient variation in inputs and farm characteristics, thereby supporting robust stochastic frontier estimation. Data

¹ Decimal is a unit of land area used mostly in India and Bangladesh, equal to 0,01 of an acre, or approx. 40,47 m² (Ed.'s note).

wykorzystanie stochastycznej analizy granicznej do oceny efektywności technicznej w gospodarstwach różnej wielkości, szacując luki w produktywności i ich determinanty. Stosując obie metody do tej samej populacji, niniejsze badanie przewyższa rozdźwięk między podejściem ilościowym a jakościowym. Jego celem jest ocena efektywności uprawy juty w Kushtii oraz wyjaśnienie wyników efektywności poprzez rzeczywiste doświadczenia i narracje rolników, co tworzy kompleksową bazę dowodową dla ukierunkowanych interwencji w ramach polityki publicznej.

Materiał i metody

W niniejszym badaniu zastosowano stochastyczną analizę graniczną (SFA) do oceny efektywności technicznej produkcji juty na poziomie gospodarstw. Opracowano również wskaźnik narracji rolników (FNI), aby uchwycić sposób postrzegania sytuacji przez rolników oraz ogólny stan uprawy juty. Szczegółowe omówienie przedstawiono poniżej.

Wielkość próby i metody doboru próby

Przeprowadzono przekrojowe badanie terenowe z wykorzystaniem ustrukturyzowanego kwestionariusza, opracowanego na podstawie obszernego przeglądu właściwej literatury oraz wstępnego badania rekonesansowego. Kwestionariusz poddano wstępnemu testowaniu, a następnie udoskonalono, aby zapewnić jego klarowność i spójność. Według Urzędu Statystycznego Bangladeszu (Bangladesh Bureau of Statistics [BBS], 2022) w 2021 r. uprawa juty obejmowała około 40 996 ha w sześciu upazilach dystryktu Kushtia. Ze względu na brak kompleksowego i aktualnego operatu losowania aktywnych plantatorów juty losowy dobór próby oparty na prawdopodobieństwie nie był możliwy. W związku z tym do identyfikacji rolników aktywnie zajmujących się uprawą juty zastosowano celowy dobór wygodny. Aby zwiększyć reprezentatywność i zminimalizować potencjalne obciążenie doboru próby, rolników wybierano z wielu wsi w obrębie każdej upazili według jednolitych kryteriów, uwzględniając gospodarstwa o różnej skali działalności. Łącznie wybrano 150 aktywnych plantatorów juty. Rolników sklasyfikowano jako marginalnych (50–100 decimali¹), małych (101–250 decimali) oraz średnich i dużych (> 251 decimali), zgodnie z klasyfikacją Rahmana i in. (2017). Do badania włączono wyłącznie odpowiednich i doświadczonych plantatorów juty, aby zapewnić dokładny pomiar efektywności technicznej. Wielkość próby, obejmująca

¹ Decimal to jednostka powierzchni stosowana głównie w Indiach i Bangladeszu, odpowiadająca 0,01 akra, czyli ok. 40,47 m² (przyp. red.).

collection occurred during March and April 2024. Econometric guidelines for stochastic frontier and maximum likelihood-based models recommend at least 10 to 20 observations per predictor to minimize overfitting and achieve stable parameter estimates (Greene, 2008; Gujarati & Porter, 2009; Kennedy, 2008; Wooldridge, 2019), a standard that was rigorously applied in the SFA calculations. The sample size of 150 farmers substantially exceeded the number of estimated parameters, thereby preventing overparameterization and ensuring reliable estimates.

Technical Efficiency Analysis and Stochastic Frontiers

In recent decades, technical efficiency has become a central focus in agricultural research. The stochastic frontier model is widely recognized as a leading approach for measuring technical efficiency. This model, also known as the “composed error” model, was initially introduced by Aigner et al. (1977) and Meeusen and van den Broeck (1977), with further advancements by Schmidt and Lovell (1979) and Jondrow et al. (1982). The stochastic frontier model addresses the shortcomings of deterministic frontiers, which assume uniform performance across all farms and overlook the impact of uncontrollable factors such as equipment malfunctions, adverse weather, and input supply disruptions, as well as controllable factors like inefficiency. In contrast, stochastic frontiers incorporate both types of factors during estimation, allowing for a clear distinction between firm-specific efficiency and random error effects. As a result, the efficiency measurements and estimated parameters produced by this model are considered unbiased.

Stochastic Frontier Analysis (SFA) Model

Following Kumbhakar et al. (1991), we integrate random shocks specific to each producer in constructing a stochastic production frontier that defines the cross-sectional stochastic production frontier as follows:

$$\ln y_i = \ln y_i^* - u_i, \quad u_i \geq 0 \quad (1)$$

$$\ln y_i^* = f(x_i; \beta) + v_i \quad (2)$$

wszystkie kategorie powierzchni gospodarstw, dobrano tak, aby zapewnić zróżnicowanie oraz dostateczną zmienność nakładów i cech gospodarstw, wspierając tym samym rzetelną estymację stochastycznej granicy produkcji. Dane zebrano w marcu i kwietniu 2024 r. Wytyczne ekonometryczne dla modeli granicznych stochastycznych oraz modeli opartych na metodzie największej wiarygodności zalecają co najmniej od 10 do 20 obserwacji na predyktor, aby zminimalizować ryzyko nadmiernego dopasowania i uzyskać stabilne oszacowania parametrów (Greene, 2008; Gujarati i Porter, 2009; Kennedy, 2008; Wooldridge, 2019). Standard ten rygorystycznie zastosowano w obliczeniach SFA. Próba licząca 150 rolników znacznie przewyższała liczbę szacowanych parametrów, co zapobiegło nadmiernej parametryzacji i zapewniło wiarygodność oszacowań.

Analiza efektywności technicznej i granice stochastyczne

W ostatnich dziesięcioleciach efektywność techniczna stała się jednym z głównych przedmiotów badań rolniczych. Stochastyczny model graniczny jest powszechnie uznawany za wiodące podejście do pomiaru efektywności technicznej. Model ten, znany również jako model „złożonego błędu”, pojawił się pierwotnie w pracach Aignera i in. (1977) oraz Meeusena i van den Broecka (1977), a jego dalszy rozwój przedstawiono w badaniach Schmidta i Lovella (1979) oraz Jondrowa i in. (1982). Stochastyczny model graniczny przewyższa ograniczenia granic deterministycznych, które zakładają jednolite wyniki wszystkich gospodarstw i pomijają wpływ czynników niekontrolowanych – takich jak awarie sprzętu, niekorzystne warunki pogodowe czy zakłócenia w dostawach nakładów – a także czynników kontrolowanych, takich jak nieefektywność. Granice stochastyczne uwzględniają natomiast oba rodzaje czynników w trakcie estymacji, co pozwala wyraźnie rozróżnić efektywność specyficzną dla danego gospodarstwa od efektów błędu losowego. W rezultacie pomiary efektywności i szacunki parametrów uzyskane za pomocą tego modelu uznaje się za nieobciążone.

Model stochastycznej analizy granicznej (SFA)

Za Kumbhakarem i in. (1991) przy konstruowaniu stochastycznej granicy produkcji uwzględniamy losowe wstrząsy specyficzne dla każdego producenta, definiując przekrojową stochastyczną granicę produkcji w następujący sposób:

where: the subscript denotes the observations (firms, individuals, etc.), y_i is the scalar of observed output, x_i is a $J \times 1$ vector of input variables, β is a $J \times 1$ vector of corresponding coefficient vector, v_i is a zero-mean random error (i.e., $v_i \sim N(0, \sigma_v^2)$), independent of u_i ; and $u_i \geq 0$ is production inefficiency which is assumed to be independently distributed as a truncation at zero of the normal distribution with a mean $Z_i \delta$, and variance $\sigma_u^2(|N(Z_i \delta, \sigma_u^2)|)$, where Z_i are the correlates of inefficiencies on farm i . Equation 2 defines the stochastic production frontier function. Given x , the frontier gives the maximum possible level of output, and it is stochastic because of v_i . Given that $u_i \geq 0$, observed output (y_i) is bounded below the frontier output level (y_i^*).

It is sometimes convenient to write the model in the following form where is leveled as the composed error term:

$$\ln y_i = f(x_i; \beta) + \epsilon_i \quad (3)$$

$$\epsilon_i = v_i - u_i \quad (4)$$

The term u_i specified in the Equation 1 is the log difference between the maximum and the actual output (i.e., $u_i = \ln y_i^* - \ln y_i$), therefore $u_i \times 100\%$ is the percentage by which actual output can be increased using the same input if production is fully efficient. In other words, $u_i \times 100\%$ gives the percentage of output that is lost due to technical inefficiency. The estimated value of u_i is referred to as the output-oriented (technical) inefficiency, with a value close to 0 implying close to fully efficient. Rearranging the Equation 1, we have:

$$\exp(-u_i) = \frac{y_i}{y_i^*} = \text{Technical Efficiency}(TE_i) \quad (5)$$

$$\exp(-u_i) = \frac{y_i}{y_i^*} = \text{Efektywność techniczna}(TE_i)$$

Therefore, $\exp(-u_i)$ gives the ratio of actual output to the maximum possible output. The ratio is referred to as the technical efficiency of firm i . Because $u_i \geq 0$, the ratio is bounded between 0 and 1, with a value equal to 1, implying that firm is fully efficient technically. The value of $\exp(-u_i) \times 100\%$ is the percentage of the maximum output that is produced by producer i . Essential parameters calculated in this analysis consist of sigma square (σ_s^2), gamma (γ), and the log-likelihood ratio. The (σ_s^2) represents the model's goodness of fit (i.e., the variance of composed error term), which can be shown in the following way:

gdzie: indeks dolny i oznacza obserwacje (przedsiębiorstwa, jednostki itp.), y_i jest skalarom obserwowanej produkcji, x_i jest wektorem $J \times 1$ zmiennych nakładów, β jest wektorem $J \times 1$ odpowiadających im współczynników, v_i jest losowym błędem o zerowej średniej (tj. $v_i \sim N(0, \sigma_v^2)$), niezależnym od u_i , a $u_i \geq 0$ oznacza nieefektywność produkcji; zakłada się, że ma rozkład niezależny będący ucięciem w zerze rozkładu normalnego o średniej $Z_i \delta$ i wariancji $\sigma_u^2(|N(Z_i \delta, \sigma_u^2)|)$, gdzie Z_i oznacza korelatory nieefektywności w gospodarstwie i . Równanie 2 definiuje stochastyczną graniczną funkcję produkcji. Przy danym x granica wyznacza maksymalny możliwy poziom produkcji i ma charakter stochastyczny ze względu na v_i . Ponieważ $u_i \geq 0$, obserwowana produkcja (y_i) znajduje się poniżej granicznego poziomu produkcji (y_i^*).

Czasami wygodnie jest zapisać model w następującej postaci, gdzie określa się jako złożony składnik losowy:

Składnik u_i , określony w równaniu 1, jest logarytmiczną różnicą między maksymalną a rzeczywistą produkcją (tj. $u_i = \ln y_i^* - \ln y_i$). Zatem $u_i \times 100\%$ oznacza odsetek, o jaki można zwiększyć rzeczywistą produkcję przy tych samych nakładach, gdyby produkcja była w pełni efektywna. Innymi słowy, $u_i \times 100\%$ wyraża odsetek produkcji utraconej z powodu nieefektywności technicznej. Szacowaną wartość u_i określa się jako nieefektywność techniczną zorientowaną na produkcję, przy czym wartość bliska 0 oznacza stan bliski pełnej efektywności. Po przekształceniu równania 1 otrzymujemy:

Zatem $\exp(-u_i)$ wyraża stosunek rzeczywistej produkcji do maksymalnej możliwej produkcji. Stosunek ten określa się jako efektywność techniczną przedsiębiorstwa i . Ponieważ $u_i \geq 0$, stosunek ten mieści się w przedziale od 0 do 1, przy czym wartość równa 1 oznacza, że przedsiębiorstwo jest w pełni efektywne technicznie. Wartość $\exp(-u_i) \times 100\%$ oznacza odsetek maksymalnej produkcji wytwarzanej przez producenta i . Podstawowe parametry obliczane w tej analizie obejmują sigma kwadrat (σ_s^2), gamma (γ) oraz iloraz logarytmu wiarygodności. Parametr σ_s^2 reprezentuje adekwatność dopasowania modelu, tj. wariancję złożonego składnika losowego, którą można przedstawić następująco:

$$\sigma_s^2 = \sigma_v^2 + \sigma_u^2 \quad (6)$$

where: σ_v^2 represents variance of the symmetric noise (measurement error, randomness) and σ_u^2 indicates variance of the inefficiency term (deviation due to technical inefficiency), while gamma indicates the proportion of the deviation of jute output from the production frontier caused by technical inefficiency. The following equation shows the details of the gamma (γ) parameter:

$$\gamma = \frac{\sigma_u^2}{\sigma_u^2 + \sigma_v^2} = \frac{\sigma_u^2}{\sigma_s^2}; \gamma \in [0, 1] \quad (7)$$

where γ represents proportion of the total variance due to technical inefficiency. For instance, if $\gamma = 0$, it suggests that u_i is not present in the model which suggests all deviations are due to random noise, not inefficiency in the model. On the other hand, if $\gamma = 1$, it signifies that all deviations from the frontier are due to technical inefficiency, i.e., there is no random noise present in the model. The log-likelihood ratio test (LR test) is utilized to examine the significant presence of technical inefficiency effects in farmers' production. The calculation of the log-likelihood ratio is given below. The likelihood function for the composed error is:

gdzie: σ_v^2 reprezentuje wariancję symetrycznego szumu (błąd pomiaru, losowość), a σ_u^2 oznacza wariancję składnika nieefektywności, czyli odchylenia wynikającego z nieefektywności technicznej. Gamma wskazuje natomiast udział odchylenia produkcji juty od granicy produkcji spowodowany nieefektywnością techniczną. Szczegóły parametru gamma (γ) przedstawia poniższe równanie:

Parametr γ reprezentuje udział całkowitej wariancji wynikający z nieefektywności technicznej. Na przykład, jeśli $\gamma = 0$, sugeruje to, że u_i nie występuje w modelu, co oznacza, że wszystkie odchylenia wynikają z szumu losowego, a model nie obejmuje nieefektywności. Z kolei jeśli $\gamma = 1$, oznacza to, że wszystkie odchylenia od granicy wynikają z nieefektywności technicznej, czyli że w modelu nie występuje szum losowy. Test ilorazu logarytmu wiarygodności (test LR) wykorzystuje się do zbadania istotnego występowania efektów nieefektywności technicznej w produkcji rolniczej. Obliczenie ilorazu logarytmu wiarygodności przedstawiono poniżej. Funkcja wiarygodności dla złożonego błędu ma postać:

$$L(\beta, \sigma_u, \sigma_v) = \prod_{i=1}^N f(\epsilon_i) \quad (8)$$

where the density function is obtained from the convolution of distributions of v_i and u_i . The density function of ϵ_i is:

$$f(\epsilon_i) = \frac{2}{\sigma_s} \varphi\left(\frac{\epsilon_i}{\sigma_s}\right) \omega\left(-\frac{\epsilon_i \gamma}{\sigma_s}\right) \quad (9)$$

where: $\varphi\left(\frac{\epsilon_i}{\sigma_s}\right)$ is the standard normal density and $\omega\left(-\frac{\epsilon_i \gamma}{\sigma_s}\right)$ is the standard normal cumulative distribution. The log-likelihood function can be written as:

gdzie: $\varphi\left(\frac{\epsilon_i}{\sigma_s}\right)$ jest standardową gęstością rozkładu normalnego, a $\omega\left(-\frac{\epsilon_i \gamma}{\sigma_s}\right)$ jest dystrybuantą standardowego rozkładu normalnego. Funkcję logarytmu wiarygodności można zapisać jako:

$$\ln L = \sum_{i=1}^N \ln \left[\frac{2}{\sigma_s} \varphi\left(\frac{\epsilon_i}{\sigma_s}\right) \omega\left(-\frac{\epsilon_i \gamma}{\sigma_s}\right) \right] \quad (10)$$

The estimates of β , σ_v^2 and σ_u^2 are obtained from maximization of this log-likelihood function. The LR statistic is:

Szacunki β , σ_v^2 oraz σ_u^2 uzyskuje się poprzez maksymalizację funkcji logarytmu wiarygodności. Statystyka LR ma postać:

$$LR = -2[\ln L(H_0) - \ln L(H_1)] \quad (11)$$

where the restricted model (H_0) assumes no inefficiency, meaning the model reduces to OLS ($\sigma_u^2 = 0$), while the unrestricted model (H_1) is the stochastic frontier model with inefficiency ($\sigma_u^2 > 0$). The log-likelihood

gdzie model z ograniczeniami (H_0) zakłada brak nieefektywności, co oznacza, że redukuje się do MNK/OLS ($\sigma_u^2 = 0$), natomiast model bez ograniczeń (H_1) jest stochastycznym modelem granicznym

ratio statistic follows an asymptotic distribution equivalent to the chi-square distribution.

Functional Form: Cobb–Douglas Production Function

To avoid multicollinearity and loss of degrees of freedom, which are common problems in trans-log specifications, the study – given the moderately sample size (150 farmers) – applies a linearized double-log stochastic Cobb–Douglas production frontier:

$$\ln(Y_i) = \beta_0 + \sum_{j=1}^J \beta_j \ln(X_{ji}) + V_i - U_i \quad (12)$$

where: X_{ji} represents the j -th input used by the i -th farmer. Due to its simplicity and reliability, the Cobb–Douglas production function has been extensively utilized in the agricultural efficiency literature. It also enables direct interpretation of coefficients as output elasticities.

Selection of Input and Output Variables

Monetary value Bangladeshi Taka (BDT) was used rather than physical quantity in measuring output as farmers produce heterogeneous grades of jute with different market prices. It facilitates aggregation of quality differences into a single output measure. The inputs for production illustrate the biological and processing needs associated with jute cultivation. Labor is necessary for activities such as sowing, weeding, harvesting, and retting. Fertilizer and irrigation play a crucial role in determining plant growth. The cost of seeds indicates their genetic potential. Pesticides are used to maintain fiber quality, while processes like rotting and washing influence fiber grade and market value. These inputs align with previous studies on jute and crop efficiency (Bristy, 2020; Rahman et al., 2017).

The model of the technical inefficiency effects in the stochastic production frontier equation, following Battese and Coelli (1995), is defined by:

$$U_i = \delta_0 + \delta_1 Z_1 + \delta_2 Z_2 + \delta_3 Z_3 + \delta_4 Z_4 + \delta_5 Z_5 + \delta_6 Z_6 + W_i \quad (13)$$

where: U_i represents the inefficiency that is related to different exogenous or farm specific socioeconomic factors of jute production; δ 's are unknown parameters to be estimated; Z_1 = age of the farmer total farm size; Z_2 = education; Z_3 = family size; Z_4 = experience of the farmer; Z_5 = training (dummy, yes = 1, no = 0); Z_6 = operated land; W_i = stochastic disturbance term.

z nieefektywnością ($\sigma_u^2 > 0$). Statystyka ilorazu logarytmu wiarygodności ma rozkład asymptotyczny równoważny rozkładowi chi-kwadrat.

Postać funkcyjna: funkcja produkcji Cobba–Douglasa

Aby uniknąć współliniowości i utraty stopni swobody – częstych problemów w specyfikacjach translogarytmicznych – ze względu na umiarkowaną wielkość próby (150 rolników) w badaniu zastosowano zlinearyzowaną, podwójnie logarytmiczną stochastyczną graniczną funkcję produkcji Cobba–Douglasa:

gdzie: X_{ji} oznacza j -ty nakład wykorzystywany przez i -tego rolnika. Ze względu na prostotę i niezawodność funkcja produkcji Cobba–Douglasa jest szeroko wykorzystywana w literaturze poświęconej efektywności w rolnictwie. Umożliwia ona także bezpośrednią interpretację współczynników jako elastyczności produkcji.

Dobór zmiennych nakładów i produkcji

Do pomiaru produkcji wykorzystano wartość pieniężną wyrażoną w bangladeskich takach (BDT), a nie ilość fizyczną, ponieważ rolnicy produkują jutę o zróżnicowanych klasach jakości i różnych cenach rynkowych. Ułatwia to agregację różnic jakościowych w jedną miarę produkcji. Nakłady produkcyjne ilustrują biologiczne i przetwórcze potrzeby związane z uprawą juty. Praca jest niezbędna przy takich czynnościach jak siew, odchwaszczanie, zbiór i rośnienie. Nawożenie i nawadnianie odgrywają kluczową rolę w kształtowaniu wzrostu roślin. Koszt nasion odzwierciedla ich potencjał genetyczny. Pestycydy stosuje się w celu utrzymania jakości włókna, natomiast procesy takie jak rośnienie i płukanie wpływają na klasę włókna i jego wartość rynkową. Nakłady te są zgodne z wcześniejszymi badaniami nad jutą i efektywnością upraw (Bristy, 2020; Rahman i in., 2017).

Model efektów nieefektywności technicznej w równaniu stochastycznej granicy produkcji, za Battese i Coellim (1995), zdefiniowano jako:

gdzie: U_i reprezentuje nieefektywność związaną z różnymi egzogenicznymi lub specyficznymi dla gospodarstwa czynnikami społeczno-ekonomicznymi produkcji juty; symbole δ oznaczają nieznane parametry podlegające oszacowaniu; Z_1 = wiek rolnika i łączna wielkość gospodarstwa; Z_2 = wykształcenie; Z_3 = wielkość rodziny;

The calculation of the frontier function and efficiency can be carried out either in a single step or in two steps. Battese and Coelli (1995) criticized the two-step method of analyzing levels of technical efficiency (or inefficiency) due to conflicting assumptions made in each stage of the analysis. This research adopts their approach, which incorporates both stochastic and technical inefficiency effects into the frontier model using observable variables and estimates all parameters through maximum likelihood estimation in a one-step analysis.

Construction and Validation of the Farmers' Narrative Index (FNI)

To systematically capture farmers' perceptions of jute farming, a composite index called the Farmers' Narrative Index (FNI) was developed. This index integrates economic outcomes, cultivation challenges, and favorable conditions into a single quantitative measure. Its construction follows established composite index methodologies, such as those used for the Human Development Index (HDI) and the Multidimensional Poverty Index (MPI).

Selection of Indicators

Based on the reconnaissance survey and prior literature (Islam et al., 2015; Munshi et al., 2020; Rana et al., 2024; Sheheli & Roy, 2014), indicators were grouped into three dimensions. From these dimensions, four key measurable indicators were constructed. Table 1 provides a summary of these indicators.

Table 1. Indicators for Farmers' Narrative Index
Tabela 1. Wskaźniki dla FNI

Dimension / Wymiar	Focus / Cel	Indicators / Wskaźniki	Source / Literatura
Economic performance / Wyniki ekonomiczne	Profitability and productivity of jute farming / Rentowność i produktywność uprawy juty	Cost-to-Revenue Ratio (CRR) Yield per bigha* (YEP) / Stosunek kosztów do przychodów (CRR) Plony na bighę* (YEP)	Islam et al. (2015) Sheheli & Roy (2014);
Challenges in cultivation / Wyzwania związane z uprawą	Production, market, and institutional constraints / Ograniczenia produkcyjne, rynkowe i instytucjonalne	Number and Severity of Challenges (NSC) / Wartość i stopień wyzwań (NSC)	Hossain et al. (2014); Mondal (2010); Rana et al. (2024); Sheheli & Roy (2014)
Favorable factors / Czynniki sprzyjające	Conditions enabling and supporting cultivation / Warunki umożliwiające i wspierające uprawę	Number and Frequency of Favorable Factors (NFF) / Wartość i częstotliwość występowania czynników sprzyjających (NFF)	Munshi et al. (2020)

* Note: Bigha equals to 33 decimals, meaning it is 0,33 of an acre, or approx. 1,335.50 m² (Ed.'s note). /

* Objaśnienia: Bigha wynosi 33 decimala, a zatem 0,33 akra czy też ok. 1 335,50 m² (przyp. red.).

Source: authors' own elaboration.

Źródło: opracowanie własne autorów.

Z_4 = doświadczenie rolnika; Z_5 = szkolenie (zmienna zero-jedynkowa: tak = 1, nie = 0); Z_6 = użytkowana ziemia; W_i = stochastyczny składnik zakłócający.

Obliczenie funkcji granicznej i efektywności można przeprowadzić w jednym kroku albo w dwóch krokach. Battese i Coelli (1995) skrytykowali dwustopniową metodę analizy poziomów efektywności lub nieefektywności technicznej ze względu na sprzeczne założenia przyjmowane na każdym etapie analizy. Niniejsze badanie przyjmuje zaproponowane przez nich podejście, które włącza do modelu granicznego zarówno efekty stochastyczne, jak i efekty nieefektywności technicznej z wykorzystaniem zmiennych obserwowalnych oraz szacuje wszystkie parametry metodą największej wiarygodności w analizie jednostopniowej.

Opracowanie i walidacja wskaźnika narracji rolników (FNI)

Aby w systematyczny sposób uchwycić sposób postrzegania uprawy juty przez rolników, opracowano wskaźnik zagregowany nazwany wskaźnikiem narracji rolników (FNI). Wskaźnik ten łączy wyniki ekonomiczne, wyzwania związane z uprawą oraz korzystne warunki w jedną miarę ilościową. Został on opracowany zgodnie z uznanymi metodami tworzenia wskaźników zagregowanych, takimi jak te stosowane przy obliczaniu wskaźnika rozwoju społecznego (HDI) oraz wielowymiarowego wskaźnika ubóstwa (MPI).

Dobór wskaźników

Na podstawie badania rekonesansowego oraz wcześniejszej literatury (Islam i in., 2015; Munshi i in., 2020; Rana i in., 2024; Sheheli i Roy, 2014) wskaźniki pogrupowano w trzy wymiary. Na ich podstawie skonstruowano cztery kluczowe mierzalne wskaźniki. W tabeli 1 przedstawiono ich podsumowanie.

Normalization of Indicators

To make all indicators comparable, it is needed to convert all those indicators into a common scale between 0 and 1.

For positive indicators (YEP, NFF):

$$Z_{ij} = \frac{X_{ij} - \min(X_j)}{\max(X_j) - \min(X_j)} \quad (14)$$

For negative indicators (CRR, NSC):

$$Z_{ij} = \frac{\max(X_j) - X_{ij}}{\max(X_j) - \min(X_j)} \quad (15)$$

where: X_{ij} = value of indicator j for farmer i and Z_{ij} = normalized score of indicator j .

Determination of Weights Using the Delphi Technique

Determining the relative importance of each indicator based on its impact on the overall narrative to assign weight, the expert judgment method is being employed for its simplicity (Bryman, 2016). A two-round Delphi consultation was conducted involving agricultural extension officers, academicians, and experienced jute farmers. Let $\bar{S}_j$ denote the mean importance score assigned by experts to indicator j . The normalized weight is computed as:

$$w_j = \frac{\bar{S}_j}{\sum_{j=1}^4 \bar{S}_j}, \quad \sum_{j=1}^4 w_j = 1 \quad (16)$$

Based on Bryman (2016), Hsu and Sandford (2007), and expert consensus, the final weights were set as follows: $CRR = 0.30$, $YEP = 0.30$, $NSC = 0.20$, and $NFF = 0.20$.

Construction of Farmers' Narrative Index

The Farmers' Narrative Index for farmer is defined as:

$$FNI_i = w_1 Z_{i,CRR} + w_2 Z_{i,YEP} + w_3 Z_{i,NSC} + w_4 Z_{i,NFF} \quad (17)$$

where: $0 \leq FNI_i \leq 1$. A higher value of FNI indicates a more favorable narrative condition for jute cultivation.

Statistical Validation of the FNI

The reliability and validity of the FNI were assessed using two statistical tests. Cronbach's Alpha was calculated to evaluate internal consistency, while exploratory factor analysis (EFA) was conducted to examine construct validity. A Cronbach's Alpha

Normalizacja wskaźników

Aby wszystkie wskaźniki były porównywalne, konieczne jest sprowadzenie ich do wspólnej skali z przedziału od 0 do 1.

Dla wskaźników pozytywnych (YEP, NFF):

$$Z_{ij} = \frac{X_{ij} - \min(X_j)}{\max(X_j) - \min(X_j)} \quad (14)$$

Dla wskaźników negatywnych (CRR, NSC):

$$Z_{ij} = \frac{\max(X_j) - X_{ij}}{\max(X_j) - \min(X_j)} \quad (15)$$

gdzie: X_{ij} = wartość wskaźnika j dla rolnika i , a Z_{ij} = znormalizowana wartość wskaźnika j .

Ustalenie wag z wykorzystaniem techniki delfickiej

Aby przypisać wagi odzwierciedlające względne znaczenie każdego wskaźnika dla całościowej narracji, zastosowano metodę osądu eksperckiego ze względu na jej prostotę (Bryman, 2016). Przeprowadzono dwurundową konsultację delficką z udziałem doradców rolnych, pracowników naukowych oraz doświadczonych plantatorów juty. Niech $\bar{S}_j$ oznacza średnią ocenę ważności przypisaną przez ekspertów wskaźnikowi j . Znormalizowaną wagę oblicza się jako:

$$w_j = \frac{\bar{S}_j}{\sum_{j=1}^4 \bar{S}_j}, \quad \sum_{j=1}^4 w_j = 1 \quad (16)$$

Na podstawie badań Brymana (2016), Hsu i Sandforda (2007) oraz konsensusu ekspertów ostateczne wagi ustalono następująco: $CRR = 0,30$, $YEP = 0,30$, $NSC = 0,20$, $NFF = 0,20$.

Konstrukcja wskaźnika narracji rolników

Wskaźnik narracji rolników dla rolnika definiuje się jako:

$$FNI_i = w_1 Z_{i,CRR} + w_2 Z_{i,YEP} + w_3 Z_{i,NSC} + w_4 Z_{i,NFF} \quad (17)$$

gdzie: $0 \leq FNI_i \leq 1$. Wyższa wartość FNI wskazuje na korzystniejsze warunki narracyjne dla uprawy juty.

Walidacja statystyczna FNI

Rzetelność i trafność FNI oceniono za pomocą dwóch testów statystycznych. Obliczono alfę Cronbacha w celu oceny spójności wewnętrznej, a eksploracyjną analizę czynnikową (EFA) przeprowadzono w celu zbadania trafności teoretycznej. Wartość alfy

greater than 0.581 indicates acceptable reliability for the four indicators, supporting the internal consistency required for index construction. The Kaiser–Meyer–Olkin (KMO) measure of sampling adequacy was 0.628, which reflects a mediocre yet acceptable level of common variance among the indicators. Bartlett’s Test of Sphericity was highly significant ($\chi^2 = 70.533$, $df = 6$, $p < 0.001$), thereby rejecting the null hypothesis that the correlation matrix is an identity matrix. Collectively, these results demonstrate that the data are appropriate for factor analysis and support the validity of constructing a composite index from the selected indicators.

Cronbacha większa niż 0,581 wskazuje na akceptowalną rzetelność czterech wskaźników, co potwierdza spójność wewnętrzną wymaganą przy opracowywaniu wskaźnika. Miara adekwatności doboru próby Kaisera–Meyera–Olkina (KMO) wyniosła 0,628, co odzwierciedla przeciętny, lecz akceptowalny poziom wspólnej wariancji wskaźników. Test sferyczności Bartletta okazał się wysoce istotny ($\chi^2 = 70,533$; $df = 6$; $p < 0,001$), co prowadzi do odrzucenia hipotezy zerowej, zgodnie z którą macierz korelacji jest macierzą jednostkową. Wyniki te łącznie dowodzą, że dane są odpowiednie do analizy czynnikowej, oraz potwierdzają zasadność konstruowania wskaźnika zagregowanego z wybranych wskaźników.

Table 2. Factor loadings (component matrix) of FNI indicators

Tabela 2. Ładunki czynnikowe (macierz składowych) wskaźników FNI

Indicator / Wskaźnik	Loading / Ładunek	Interpretation / Interpretacja
Cost to Revenue Ratio (CRR) / Stosunek kosztów do dochodów (CRR)	0.353	Weak contribution / Niski wkład
Yield Per Bigha (YEP) / Plony na bighę (YEP)	0.661	Moderate contribution / Średni wkład
Number of Favourable Factors (NFF) / Wartość czynników sprzyjających (NFF)	0.801	Very strong contribution / Bardzo silny wkład
Number of Challenges (NSC) / Wartość wyzwań (NSC)	0.789	Very strong contribution / Bardzo silny wkład

Source: authors’ own elaboration.

Źródło: opracowanie własne autorów.

Table 2 shows that all four indicators load positively on the single extracted component. Number of Favourable Factors and Number of Challenges have the highest loadings, 0.801 and 0.789. These two are the most influential in defining the FNI construct. Yield Per Bigha also has a significant loading (0.661), while Cost to Revenue Ratio has a lower but acceptable loading (0.353). This outcome affirms that all indicators contribute to the core dimension and warrant their inclusion in the composite FNI index.

Interpretation of FNI

The Farmers’ Narrative Index (FNI) was interpreted using a categorical rating system defined by specific score ranges. An FNI between 0.00 and 0.20 was rated as “critical”, indicating conditions that are severely unfavourable for jute cultivation. Scores between 0.21 and 0.35 were classified as “poor”, reflecting environments that are difficult and largely unprofitable. An FNI in the range of 0.36 to 0.50 was designated as “moderate”, corresponding to marginal profitability. Scores from 0.51 to 0.70

Z tabeli 2 wynika, że wszystkie cztery wskaźniki są dodatnio powiązane z jedną wyodrębnioną składową. Najwyższe wartości ładunków czynnikowych uzyskano dla wartości czynników sprzyjających oraz wartości wyzwań – odpowiednio 0,801 i 0,789. Te dwa wskaźniki mają największy wpływ na definiowanie konstrukt FNI. Wskaźnik plonów na bighę również jest istotnie powiązany z tą składową (0,661), natomiast stosunek kosztów do przychodów wykazuje słabsze, lecz nadal akceptowalne powiązanie (0,353). Wynik ten potwierdza, że wszystkie wskaźniki współtworzą główny wymiar analizy, co uzasadnia ich włączenie do zagregowanego wskaźnika FNI.

Interpretacja FNI

Wskaźnik narracji rolników (FNI) interpretowano za pomocą kategorię systemu ocen określonego przez konkretne przedziały wartości. Wartość FNI od 0,00 do 0,20 oceniano jako „krytyczną”, co wskazuje na warunki skrajnie niekorzystne dla uprawy juty. Wartości od 0,21 do 0,35 klasyfikowano jako „słabe”, odzwierciedlające środowiska trudne i w dużej mierze nieopłacalne. Wartość FNI w przedziale od 0,36 do 0,50 określano jako „umiarkowaną”, odpowiadającą marginalnej opłacalności. Wartości od 0,51 do 0,70

were considered “good”, representing generally viable conditions for jute cultivation. Finally, an FNI between 0.71 and 1.00 was rated as “excellent”, indicating a highly favourable environment for jute farming. This interpretive scale facilitates a nuanced assessment of the cultivation environment across the sampled areas. A similar approach to categorising farming constraints and motivations was employed by Chapke (2009), who used a rank-based quotient value to evaluate cultivation conditions among jute farmers in West Bengal, highlighting the importance of context-specific assessment tools in jute research.

Results

This section presents the results and discussion. The first subsection outlines the study's findings, beginning with an overview of the farmers' basic information. It then presents the results of the technical efficiency assessments for jute cultivation and evaluates the Farmers' Narrative Index (FNI), including the challenges and beneficial factors that farmers encounter. The second subsection discusses these findings in relation to broader research and implications.

Basic Information of the Jute Farmers

The survey results reveal a demographic profile of the respondents (Table 3) dominated by older, experienced farmers. Over half of the respondents were over 50 years old, and more than 60% had over 20 years of farming experience, underscoring their substantial expertise. A high rate of illiteracy (38.85%) was observed, though 22.29% had nine or more years of schooling. While agriculture is the primary occupation, a significant portion (over 20%) of farmers supplement their income with non-agricultural services or businesses. Furthermore, the data show that 42% of the farmers come from large families (six or more members), suggesting that most operate within larger household units.

Problems of the Jute Growers

Panel (a) on the Figure 1 displays the key issues in jute cultivation as reported by growers. The most prominent concern, expressed by 60% of farmers, was the low market price of jute. Additionally, crops were significantly impacted by diseases and insect infestations. Challenges due to inadequate water reservoirs were reported by 46% of farmers. In comparison, 45% cited a lack of technical knowledge – primarily insufficient extension services – as a major hindrance

uznawano za „dobre”, reprezentujące ogólnie opłacalne warunki uprawy juty. Wreszcie wartość FNI od 0,71 do 1,00 oceniano jako „doskonałą”, co wskazuje na bardzo korzystne środowisko dla uprawy juty. Ta skala interpretacyjna ułatwia zniuansowaną ocenę środowiska uprawy na badanych obszarach. Podobne podejście do kategoryzowania ograniczeń i motywacji w rolnictwie zastosował Chapke (2009), który posłużył się wartością ilorazową opartą na rangach do oceny warunków uprawy wśród plantatorów juty w Bengalu Zachodnim, podkreślając znaczenie narzędzi oceny dostosowanych do kontekstu w badaniach nad jutą.

Wyniki

W niniejszej części przedstawiono wyniki i dyskusję. W pierwszym podrozdziale przedstawiono wyniki badania, zaczynając od przeglądu podstawowych informacji dotyczących rolników. Następnie prezentowane są wyniki ocen efektywności technicznej uprawy juty oraz ocena wskaźnika narracji rolników (FNI), uwzględniająca wyzwania i czynniki korzystne, z którymi mierzą się rolnicy. W drugim podrozdziale omówiono te ustalenia w odniesieniu do szerszych badań i ich implikacji.

Podstawowe informacje o plantatorach juty

Wyniki badania ujawniają profil demograficzny respondentów (tab. 3), zdominowany przez starszych, doświadczonych rolników. Ponad połowa respondentów była w wieku powyżej 50 lat, a ponad 60% miała więcej niż 20 lat doświadczenia w rolnictwie, co podkreśla ich znaczną wiedzę praktyczną. Zaobserwowano wysoki wskaźnik analfabetyzmu (38,85%), choć 22,29% badanych miało za sobą dziewięć lub więcej lat nauki szkolnej. Chociaż rolnictwo jest podstawowym zajęciem respondentów, znaczna część rolników, czyli ponad 20%, uzupełnia dochody działalnością usługową lub pozarolniczą. Ponadto dane pokazują, że 42% rolników pochodzi z dużych rodzin, liczących sześć lub więcej osób, co sugeruje, że większość z nich funkcjonuje w ramach większych gospodarstw domowych.

Problemy plantatorów juty

Panel (a) na wykresie 1 przedstawia główne problemy związane z uprawą juty, zgłaszane przez plantatorów. Najbardziej widoczną kwestią, wskazaną przez 60% rolników, była niska cena rynkowa juty. Ponadto na uprawy istotnie wpływały choroby i inwazje owadów. Trudności wynikające z niedostatecznej liczby zbiorników wodnych zgłaszało 46% rolników. Dla porównania, 45% wskazywało brak wiedzy technicznej – przede wszystkim niewystarczające usługi

to production. Other significant obstacles included financial difficulties, poor seed quality, limited access to credit, and inefficient transport facilities.

doradcze – jako poważną przeszkodę w produkcji. Do innych istotnych przeszkód należały trudności finansowe, niska jakość nasion, ograniczony dostęp do kredytów oraz nieefektywne środki transportu.

Table 3. Descriptive statistics of socio-economic characteristics of jute farmers

Tabela 3. Statystyki opisowe cech socjoekonomicznych plantatorów juty

Item / Cecha	Response / Opis	Percentage (%) / Odsetek (%)
Age (in years) / Wiek (lata)	20–30	6.28
	31–40	15.43
	41–50	24.57
	51 and above / 51 i więcej	53.71
Occupation / Zatrudnienie	Agriculture / Rolnictwo	100
	Agriculture and Service / Rolnictwo i usługi	25.34
	Agriculture and business / Rolnictwo i działalność gospodarcza	21.23
	Agriculture and others / Rolnictwo i inne	8.22
Education (years of schooling) / Wykształcenie (lata nauki)	Illiterate / Niepiśmienni	38.85
	1–5 (primary) / 1–5 (podstawowe)	24.57
	6–8 (middle) / 6–8 (średnie)	14.29
	9–10 (high) / 9–10 (wyższe)	12.57
	Higher school certificate* / Dyplom szkoły wyższej*	6.29
Household population (in number) / Liczba członków rodziny	Bachelor and above / Studia licencjackie i wyżej	3.43
	Small Family ≤ 4 / Mała rodzina ≤ 4	30.14
	Medium Family = 5 / Średnia rodzina = 5	28.03
Experience (in years) / Doświadczenie (lata)	Large Family ≥ 6 / Duża rodzina ≥ 6	42.28
	5–9	5.71
	10–14	5.14
	15–19	14.28
	20 and above / 20 i więcej	64.85

* Note: In Bangladesh, secondary education (high school) includes 9–10 years, and culminates in the Secondary School Certificate (SSC). Higher secondary education comprises 11–12 years, resulting in the Higher Secondary Certificate (HSC). Bachelor's degrees typically require 4 years of total education (13–16 years); master's programs vary in length, lasting 1, 1.5, or 2 years, resulting in a total of up to 18 years of education.

* Objaśnienia: W Bangladeszu edukacja średnia (high school) obejmuje klasy 9–10, a po jej ukończeniu otrzymuje się świadectwo Secondary School Certificate (SSC). Następnie edukacja policealna obejmuje klasy 11–12 i kończy się uzyskaniem świadectwa Higher Secondary Certificate (HSC). Studia licencjackie zazwyczaj trwają cztery lata, co oznacza łącznie 13–16 lat edukacji. Studia magisterskie mają różną długość trwania: rok, półtora lub dwa lata, co daje łącznie do 18 lat edukacji.

Source: authors' own elaboration.

Źródło: opracowanie własne autorów.

Advantageous Factors of Jute Cultivation

Panel (b) on the Figure 1 shows the perspectives of jute farmers on favorable factors. In terms of percentage, the most favorable factors are good weather, easy market access, efficient transportation, and access to credit. Conversely, the least favorable factors are access to training and adequate NGO support.

Czynniki sprzyjające uprawie juty

Na wykresie 1 (b) przedstawiono opinie plantatorów juty na temat czynników sprzyjających. Pod względem odsetka wskazań najbardziej korzystnymi czynnikami są dobra pogoda, łatwy dostęp do rynku, sprawny transport oraz dostęp do kredytów. Z kolei najmniej korzystnymi czynnikami są dostęp do szkoleń oraz odpowiednie wsparcie ze strony organizacji pozarządowych.

Farmers' Narrative Index Calculation

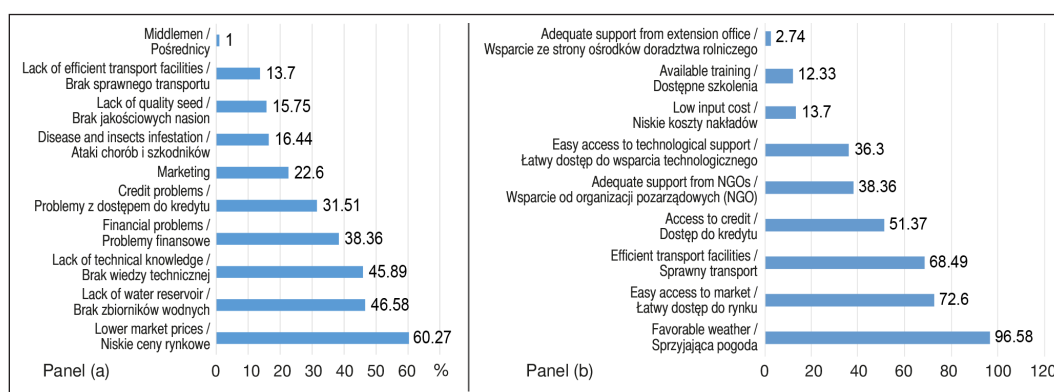
To the best of our knowledge, this study is the first to develop a Farmers' Narrative Index (FNI) designed to quantify and evaluate the multifaceted perceptions of jute growers. Using survey data, each key indicator of the narrative index was normalized and weighed to establish an index value. The FNI initially calculates the value for each upazila in the Kushtia district. The average FNI value takes the mean of the six upazila values.

Obliczenie wskaźnika narracji rolników

Zgodnie z naszą najlepszą wiedzą niniejsze badanie jako pierwsze opracowuje wskaźnik narracji rolników (FNI) służący do ilościowego ujęcia i oceny wieloaspektowego sposobu postrzegania sytuacji przez plantatorów juty. Na podstawie danych ankietowych każdy kluczowy czynnik wskaźnik narracji znormalizowano i zważono w celu ustalenia wartości wskaźnika. FNI najpierw oblicza wartość dla każdej upazili w dystrykcie Kushtia. Średnia wartość FNI stanowi średnią z wartości dla sześciu upazili.

Figure 1. Challenges and advantageous factors of jute cultivation

Wykres 1. Wyzwania i czynniki sprzyjające uprawie juty



Source: authors' own elaboration.

Źródło: opracowanie własne autorów.

Table 4 presents a summary of the Farmers' Narrative Index (FNI) and its component indicators across six upazilas in Kushtia district. The normalized values for each economic indicator, including favorable factors, challenges, cost–revenue ratio, and yields per bigha, indicate the relative status of each upazila regarding jute cultivation conditions. Kumarkhali reported the highest FNI value (0.688), indicating a highly favorable environment for jute cultivation, with strong performance in most indicators, particularly favorable factors and cost–revenue ratio. Daulatpur followed with an FNI of 0.623, reflecting generally viable conditions. In contrast, Kushtia Sadar (0.219) and Mirpur (0.172) recorded the lowest FNI values, indicating that jute farmers in these areas encounter more significant constraints, such as lower favorable factors and yield scores. The overall average FNI for Kushtia district was 0.415, classified as “moderate”, which corresponds to marginal profitability and highlights variability in cultivation environments across regions. These results emphasize the heterogeneity of jute farming conditions within Kushtia district and indicate the necessity for location-specific strategies to improve profitability and sustainability (Table 4).

W tabeli 4 przedstawiono podsumowanie wskaźnika narracji rolników (FNI) oraz jego wskaźników składowych dla sześciu upazili w dystrykcie Kushtia. Znormalizowane wartości każdego wskaźnika ekonomicznego, w tym czynników sprzyjających, wyzwań, relacji kosztów do przychodów oraz plonów na bighe, wskazują na względną sytuację każdej upazili pod względem warunków uprawy juty. Najwyższą wartość FNI odnotowano w Kumarkhali (0,688), co wskazuje na bardzo korzystne środowisko dla uprawy juty oraz dobre wyniki w większości wskaźników, zwłaszcza w zakresie czynników sprzyjających i relacji kosztów do przychodów. Kolejne miejsce zajął Daulatpur z wartością FNI 0,623, odzwierciedlającą ogólnie opłacalne warunki. Natomiast najniższe wartości FNI odnotowano w Kushtia Sadar (0,219) i Mirpur (0,172), co sygnalizuje, że plantatorzy juty na tych obszarach borykają się z poważniejszymi ograniczeniami, takimi jak niższe wskaźniki czynników sprzyjających i plonów. Ogólna średnia wartość FNI dla dystryktu Kushtia wyniosła 0,415 i została sklasyfikowana jako „umiarkowana”, co odpowiada marginalnej opłacalności i uwypukla zmienność środowisk uprawy między regionami. Wyniki te podkreślają zróżnicowanie warunków uprawy juty w obrębie dystryktu Kushtia

oraz wskazują na konieczność stosowania strategii dostosowanych do lokalizacji w celu poprawy opłacalności i trwałości upraw (tab. 4).

Table 4. Upazila-wise analysis of FNI in Kushtia

Tabela 4. Analiza upazili w dystrykcie Kushtia pod kątem FNI

Upazila name / Nazwa upazili	Normalized value of economic indicators / Znormalizowane wartości wskaźników ekonomicznych				FNI value / Wartość FNI
	Favorable Factors / Czynniki sprzyjające	Challenges / Wyzwania	Cost-Revenue Ratio / Stosunek kosztów do przychodów	Yields per Bigha / Plony na bighę	
Kushtia Sadar	0.170	0.455	0.000	0.314	0.219
Kumarkhali	1.000	0.676	0.804	0.371	0.688
Khoksa	0.370	0.248	1.000	0	0.424
Daulatpur	0.200	0.457	0.639	1	0.623
Bheramara	0.080	0.257	0.712	0.286	0.367
Mirpur	0.330	0.144	0.029	0.229	0.172
Kushtia (Gross Average) / Kushtia (średnia ogółem)	0.358	0.373	0.531	0.367	0.415

Source: authors' own elaboration.

Źródło: opracowanie własne autorów.

Technical Efficiency Measurement of Jute Cultivating Farmers

Prior to estimating the stochastic production frontier, it is essential to analyze the descriptive features of the output and input variables utilized in the model.

Pomiar efektywności technicznej rolników uprawiających jute

Przed oszacowaniem stochastycznej granicy produkcji niezbędna jest analiza cech opisowych zmiennych produkcji i nakładów wykorzystanych w modelu.

Table 5. Descriptive statistics for key variables used in SFA

Tabela 5. Statystyki opisowe dla kluczowych zmiennych dla SFA

Variable / Zmienna	Mean / Średnia	Std. Dev. / Odch. std.	Min. / Min.	Max. / Maks.
Log of gross revenue (BDT) / Logarytm przychodu brutto (BDT)	10.788	.665	8.853	12.206
Log seed cost / Logarytm kosztu nasion	6.227	.695	4.605	8.006
Log of fertilizer cost / Logarytm kosztu nawozów	8.269	.859	5.991	10.126
Log of pesticide cost / Logarytm kosztu pestycydów	7.388	.810	5.298	8.748
Log of irrigation cost / Logarytm kosztu nawadniania	8.235	.791	6.684	9.740
Log of labor cost / Logarytm kosztu pracy	9.826	.664	7.600	11.608
Log of animal and machinery cost / Logarytm kosztu zwierząt pociągowych i maszyn	7.710	.595	6.396	9.259
Log rotting and washing cost / Logarytm kosztu roszczenia i płukania	8.959	.707	6.551	10.714

Source: authors' own elaboration.

Źródło: opracowanie własne autorów.

Table 5 reports descriptive statistics for the primary variables analyzed. The dependent variable, the log of gross revenue (in BDT), has a mean of 10.79, with a range from 8.85 to 12.21 and a standard deviation of 0.67. This reflects moderate variability in gross revenue among the 150 farmers surveyed. Among input cost variables, labor cost has the highest mean log value (9.83), emphasizing the importance of labor as a principal input in jute cultivation. The log values for rotting and washing cost (8.96), fertilizer cost (8.27), and irrigation cost (8.24) also indicate substantial contributions to total production costs. In contrast, animal and machinery costs have the lowest standard deviation (0.60), suggesting relatively uniform expenditures across farms. All variables demonstrate reasonable dispersion, with no missing values or extreme outliers observed. These statistics collectively illustrate the diversity in cost structures and revenue among jute farmers in the study area, establishing a solid foundation for subsequent econometric analysis.

Technical efficiency in agricultural studies is commonly assessed using the stochastic frontier production model, a methodological approach that is well-established in the econometric analysis of farm productivity (Kehinde et al., 2024). In this study, the results of the stochastic frontier estimation are systematically presented in two tables. The first table (Table 6) reports the findings from the Cobb–Douglas stochastic normalized cost frontier and the corresponding measures of economic inefficiency.

Our results in Table 6 show that the estimated coefficients for labor cost, fertilizer, irrigation, and rotting–washing costs are all statistically significant, suggesting that these production factors are crucial in influencing jute production in the area under study. All variables have positive coefficients except for seed. The coefficient for labor cost is 0.115, indicating that a 1% increase in this cost may result in an 11.50% increase in output. Similarly, the coefficient for fertilizer is 0.209, indicating that a 1% increase in fertilizer costs may result in a 20.9% increase in production. Likewise, the coefficients for irrigation and rotting and washing cost are 0.203 and 0.195, respectively, indicating that a 1% increase in these costs may result in a 20.9% increase in output for irrigation.

W tabeli 5 przedstawiono statystyki opisowe dla głównych analizowanych zmiennych. Zmienna zależna logarytm przychodu brutto (w BDT) ma średnią równą 10,79, przy zakresie wartości od 8,85 do 12,21 i odchyleniu standardowym 0,67. Odzwierciedla to umiarkowaną zmienność przychodu brutto wśród 150 ankietowanych rolników. Spośród zmiennych kosztów nakładów najwyższą średnią wartość logarytmu ma koszt pracy (9,83), co podkreśla znaczenie pracy jako głównego nakładu w uprawie juty. Wartości logarytmów kosztu roszczenia i płukania (8,96), kosztu nawozów (8,27) oraz kosztu nawadniania (8,24) również wskazują na znaczny udział w łącznych kosztach produkcji. Z kolei koszt zwierząt pociągowych i maszyn ma najniższe odchylenie standardowe (0,60), co sugeruje stosunkowo jednorodne wydatki w poszczególnych gospodarstwach. Wszystkie zmienne wykazują rozsądne rozproszenie, bez braków danych i skrajnych obserwacji odstających. Statystyki te łącznie ilustrują zróżnicowanie struktur kosztów i przychodów wśród plantatorów juty na badanym obszarze, tworząc solidną podstawę dla dalszej analizy ekonometrycznej.

Efektywność techniczną w badaniach rolniczych ocenia się powszechnie za pomocą stochastycznego modelu granicznego produkcji – podejścia metodologicznego ugruntowanego w ekonometrycznej analizie produktywności gospodarstw (Kehinde i in., 2024). W niniejszym badaniu wyniki estymacji stochastycznej granicy przedstawiono systematycznie w dwóch tabelach. W tabeli 6 przedstawiono wyniki uzyskane na podstawie stochastycznej znormalizowanej granicy kosztu Cobba–Douglasa oraz odpowiadające im miary nieefektywności ekonomicznej.

Wyniki przedstawione w tabeli 6 pokazują, że szacowane współczynniki dla kosztów pracy, nawozów, nawadniania oraz roszczenia i płukania są istotne statystycznie, co sugeruje, że czynniki te mają kluczowe znaczenie dla kształtowania produkcji juty na badanym obszarze. Wszystkie zmienne mają dodatnie współczynniki, z wyjątkiem nasion. Współczynnik dla kosztu pracy wynosi 0,115, co oznacza, że wzrost tego kosztu o 1% może skutkować wzrostem produkcji o 11,50%. Podobnie współczynnik dla nawozów wynosi 0,209, co wskazuje, że wzrost kosztów nawozów o 1% może skutkować wzrostem produkcji o 20,9%. Współczynniki dla nawadniania oraz kosztów roszczenia i płukania wynoszą odpowiednio 0,203 i 0,195, co oznacza, że wzrost tych kosztów o 1% może skutkować wzrostem produkcji o 20,9% w przypadku nawadniania.

Table 6. Cobb–Douglas stochastic normalized cost frontier and economic inefficiency**Tabela 6. Stochastyczna znormalizowana granica kosztu Cobba–Douglasa i miary nieefektywności ekonomicznej**

Independent variables / Zmienne niezależne	Parameters / Parametry	Coefficient / Współczynnik	Standard error / Błąd standardowy	p-value / Wartość p
Stochastic frontier / Granica stochastyczna				
Constant / Stała	β_0	1.917***	.232	0.000
Ln labour cost / Ln kosztu pracy	β_1	.115**	.061	0.060
Ln animal and machinery cost / Ln kosztu zwierząt pociągowych i maszyn	β_2	.084	.078	0.286
Ln seed cost / Ln kosztu nasion	β_3	-.082	.090	0.359
Ln fertilizer cost / Ln kosztu nawozów	β_4	.209***	.059	0.000
Ln pesticide cost / Ln kosztu pestycydów	β_5	.040	.058	0.488
Ln irrigation cost / Ln kosztu nawadniania	β_6	.203***	.074	0.007
Ln rotting and washing cost / Ln kosztu roszczenia i płukania	β_7	.195***	.072	0.007
Inefficiency effect model / Model efektów nieefektywności				
Constant / Stała	δ_0	-20.286	26.356	0.441
Age / Wiek	δ_1	-.467**	.637	0.053
Education / Wykształcenie	δ_2	-.329*	.898	0.084
Family size / Wielkość rodziny	δ_3	.275*	1.797	0.078
Experience / Doświadczenie	δ_4	.557	.670	0.406
Training / Wyszczolenie	δ_5	-43.385	62.245	0.486
Operated land / Powierzchnia użytków	δ_6	-2.532***	.012	0.007
Variance parameter / Parametry wariancji				
Sigma-squared / Sigma-kwadrat		5.555	4.875773	
Gamma ratio / Współczynnik gamma		.998	.002	
Log likelihood function / Funkcja logarytmu wiarygodności			51.102	
Likelihood ratio / Współczynnik wiarygodności			286.300***	

Note: ***, ** and * indicate significant at 1% and 5% and 10% level of probability respectively.

Objaśnienia: ***, ** oraz * oznaczają istotność odpowiednio na poziomie 1, 5 i 10% prawdopodobieństwa.

Source: authors' own elaboration.

Źródło: opracowanie własne autorów.

In comparison, increased rotting and washing costs may result in a 19.5% decrease in output. In models of technical inefficiency effects, age has a significant negative impact on inefficiency in jute production, indicating that older farmers experience lower inefficiency and are, therefore, technically more efficient than younger farmers. Likewise, increased education correlates with decreased inefficiency. Family size has a positive effect, suggesting that larger family sizes may increase inefficiency, although it is not highly significant. At the same time, the coefficient for operated land indicates that farm size has a negative and significant impact, suggesting economies of scale in land operation.

Dla porównania, wyższe koszty roszczenia i płukania mogą skutkować spadkiem produkcji o 19,5%. W modelach efektów nieefektywności technicznej wiek ma istotny ujemny wpływ na nieefektywność w produkcji juty, co wskazuje, że starsi rolnicy doświadczają niższej nieefektywności, a zatem są technicznie efektywniejsi niż młodsi. Podobnie wyższy poziom wykształcenia koreluje ze spadkiem nieefektywności. Wielkość rodziny ma wpływ dodatni, co sugeruje, że liczniejsze rodziny mogą zwiększać nieefektywność, choć efekt ten nie jest wysoce istotny. Jednocześnie współczynnik dla użytkowanej ziemi wskazuje, że wielkość gospodarstwa ma istotny ujemny wpływ, co sugeruje występowanie korzyści

The value of the γ ratio demonstrates that almost all variation in output is due to technical inefficiency, with very little random noise. The high value of the likelihood ratio is statistically significant at the 1% level. Therefore, we can conclude that inefficiency is present, and the SFA (unrestricted) model is preferred over the OLS model.

skali w gospodarowaniu ziemią. Wartość ilorazu γ dowodzi, że niemal cała zmienność produkcji wynika z nieefektywności technicznej, przy bardzo niewielkim udziale szumu losowego. Wysoka wartość ilorazu wiarygodności jest istotna statystycznie na poziomie 1%. Można zatem stwierdzić, że nieefektywność występuje, a model SFA (bez ograniczeń) jest preferowany względem modelu OLS.

Table 7. Summary of farmers' technical efficiency levels: results from SFA model

Tabela 7. Zestawienie poziomów efektywności technicznej rolników: wyniki modelu SFA

Efficiency score range / Poziomy efektywności	No. of farmers / Liczba rolników	Percentage of farmers (%) / Odsetek rolników (%)	Cumulative percentage (%) / Odsetek łącznie (%)
0.55–0.70	6	4.00	4.00
0.70–0.75	18	12.00	16.00
0.75–0.80	24	16.00	32.00
0.80–0.90	84	56.00	88.00
0.90–1.00	18	12.00	100.00
Mean efficiency / Średnia efektywność	0.870		
Standard deviation / Odchylenie standardowe	0.174		
Minimum score / Wynik minimalny	0.651		
Maximum score / Wynik maksymalny	0.984		

Source: authors' own elaboration.

Źródło: opracowanie własne autorów.

Table 7 shows that the mean technical efficiency of jute farmers was 87%, ranging from 65% to 98%, indicating that, on average, they achieve 87% of their potential output. This finding suggests a potential short-term production increase of 13% for the Kushtia district by adopting the practices of the most efficient farms. The result reveals substantial heterogeneity within the agricultural sector, attributable to variations in farm size, farmer experience, and input access. This level of efficiency is consistent with findings from other studies on jute production in Bangladesh, including Akter et al. (2020), Hossain et al. (2014), Moniruzzaman et al. (2024), and Rahman and Islam (2017). The distribution of scores shows that 68% of farms operate above 80% efficiency, underscoring considerable scope for policy and training programs to enhance productivity for the remaining 28%.

Discussion

Our results indicate that elderly farmers are more involved in jute cultivation. This finding aligns with Sheheli and Roy (2014), stressing that older people are more efficient in jute production. Findings

Z tabeli 7 wynika, że średnia efektywność techniczna plantatorów juty wyniosła 87%, w przedziale od 65 do 98%, co oznacza, że średnio osiągają oni 87% swojej potencjalnej produkcji. Wynik ten sugeruje możliwość krótkookresowego zwiększenia produkcji w dystrykcie Kushtia o 13% dzięki przyjęciu praktyk stosowanych przez najefektywniejsze gospodarstwa. Wyniki ujawniają znaczne zróżnicowanie w obrębie sektora rolnego, wynikające z różnic w wielkości gospodarstw, doświadczeniu rolników i dostępie do nakładów. Ten poziom efektywności jest zgodny z rezultatami innych badań nad produkcją juty w Bangladeszu, w tym Aktera i in. (2020), Hossaina i in. (2014), Moniruzzamana i in. (2024) oraz Rahmana i Islama (2017). Rozkład wyników pokazuje, że 68% gospodarstw funkcjonuje powyżej poziomu 80% efektywności, co uwypukla znaczne pole do działań w ramach polityki i programów szkoleniowych mających zwiększyć produktywność pozostałych 28%.

Omówienie

Wyniki wskazują, że starsi rolnicy są bardziej zaangażowani w uprawę juty. Ustalenie to jest zgodne z wynikami Sheheli i Roya (2014), którzy podkreślają, że osoby starsze są efektywniejsze w produkcji juty.

suggest that the literacy rate among jute farmers is significantly lower than the national rural average of 78% (BBS, 2023). This discrepancy might be due to farmers' representation of a specific social subgroup. Therefore, their educational profile may differ from that of the general population. Moreover, our results show that nearly one-fourth of jute farmers are engaged in non-agricultural activities. A plausible reason for farmers' engagement in non-agricultural activities could be the potential for higher earnings (Arif et al., 2024). Interestingly, the findings of this study corroborate those of Kehinde et al. (2024), who found that a portion of maize farmers engaged in non-agricultural activities to support their families. Further, these results confirm the findings of Ashrafuzzaman and Islam (2020) and Islam and Moniruzzaman (2017).

The technical efficiency analysis shows that inputs like labor, fertilizer, irrigation, and post-harvest processing costs have significant positive effects on jute output, confirming their crucial role. This finding aligns with studies on rice and wheat in Bangladesh (Coelli et al., 2002; Rahman & Rahman, 2009). Further analysis revealed that age negatively impacts technical inefficiency, indicating that older farmers are more efficient. This result is consistent with findings from poultry farming in Bangladesh (Begum et al., 2010) and wheat production in Ethiopia (Dessale, 2019). However, this relationship is not universal. Contradictory evidence from Indonesia (Alwarritzi et al., 2015) and Ghana (Abdul-Rahaman et al., 2020) shows that younger farmers can achieve higher efficiency and revenues, highlighting that the age-efficiency dynamic is context-specific and varies across different agricultural systems and regions.

Education exhibits a similar trend in jute production, suggesting that increased education is associated with decreased inefficiency. This aligns with the concept that greater education leads to higher farm productivity (Paltasingh & Goyari, 2018; Paul 2024). Similarly, Tenaye (2020) demonstrated that education has a positive impact on the efficiency of smallholder farmers in Ethiopia. İkikat Tümer et al. (2020) found that lower levels of education decrease farm productivity in hair goat production in Turkey. Thus, education is a critical determinant of technical efficiency in agriculture, as it enhances a farmer's capacity to manage resources, adopt new technologies, and make optimal production decisions.

The analysis indicates that family size has a positive and significant impact on technical inefficiency, suggesting that larger households are associated with less efficient jute production. This finding aligns

Wyniki sugerują, że wskaźnik alfabetyzacji wśród plantatorów juty jest istotnie niższy niż krajowa średnia dla obszarów wiejskich, wynosząca 78% (BBS, 2023). Rozbieżność ta może wynikać z faktu, że rolnicy reprezentują szczególną podgrupę społeczną. W związku z tym ich profil edukacyjny może różnić się od profilu ogółu ludności. Ponadto wyniki pokazują, że niemal jedna czwarta plantatorów juty prowadzi działalność pozarolniczą. Prawdopodobnym powodem zaangażowania rolników w działalność pozarolniczą może być możliwość uzyskania wyższych dochodów (Arif i in., 2024). Co ciekawe, ustalenia niniejszego badania potwierdzają wyniki Kehinde i in. (2024), którzy stwierdzili, że część plantatorów kukurydzy podejmowała działalność pozarolniczą, aby utrzymać rodziny. Wyniki te potwierdzają ponadto ustalenia Ashrafuzzamana i Islama (2020) oraz Islama i Moniruzzamana (2017).

Analiza efektywności technicznej pokazuje, że nakłady takie jak praca, nawozy, nawadnianie oraz koszty przetwarzania pozbiorniczego mają istotny dodatni wpływ na produkcję juty, co potwierdza ich kluczową rolę. Ustalenia te są spójne z badaniami nad ryżem i pszenicą w Bangladeszu (Coelli i in., 2002; Rahman i Rahman, 2009). Analiza wykazała ponadto, że wiek wpływa ujemnie na nieefektywność techniczną, co wskazuje, że starsi rolnicy są efektywniejsi. Wynik ten odpowiada ustaleniom dotyczącym hodowli drobiu w Bangladeszu (Begum i in., 2010) oraz produkcji pszenicy w Etiopii (Dessale, 2019). Zależność ta nie jest jednak uniwersalna. Sprzeczne dowody z Indonezji (Alwarritzi i in., 2015) oraz Ghany (Abdul-Rahaman i in., 2020) pokazują, że młodszy rolnicy mogą osiągać wyższą efektywność i wyższe dochody. Podkreśla to, że dynamika relacji między wiekiem a efektywnością zależy od kontekstu i różni się między systemami oraz regionami rolniczymi.

W kontekście produkcji juty wykształcenie wykazuje podobną tendencję: wyższy poziom wykształcenia wiąże się ze spadkiem nieefektywności. Wynik ten jest zgodny z koncepcją, że wyższy poziom wykształcenia prowadzi do wyższej produktywności gospodarstwa (Paltasingh i Goyari, 2018; Paul, 2024). Podobnie Tenaye (2020) wykazał, że wykształcenie ma pozytywny wpływ na efektywność drobnych rolników w Etiopii. İkikat Tümer i in. (2020) stwierdzili natomiast, że niższy poziom wykształcenia obniża produktywność gospodarstwa w hodowli kóz angorskich w Turcji. Wykształcenie jest zatem kluczową determinantą efektywności technicznej w rolnictwie, ponieważ zwiększa zdolność rolnika do zarządzania zasobami, wdrażania nowych technologii i podejmowania optymalnych decyzji produkcyjnych.

with Ahmed et al. (2013) results but contradicts Tamirat and Tadele's (2023) finding that a larger family size enhances efficiency among coffee farmers. This divergence implies that the effect of family size is context-dependent. In coffee production, a larger family may supply essential manual labor for intricate tasks from harvesting to processing, where each member's direct contribution boosts overall efficiency. By contrast, in jute cultivation, the labor requirements, management challenges, or specific production stages may differ, meaning that additional family members do not provide the same productive advantage. While a larger family could theoretically aid jute production in a rural setting, the results indicate this potential labor advantage does not translate into higher technical efficiency under current Bangladeshi practices. This outcome aligns with the earlier work of Coelli and Battese (1996), who showed that larger households do not always ensure efficient labor use. The result is also consistent with the findings of Binam et al. (2004) and Hyuha et al. (2007), who observed that beyond an optimal household size, additional members add little to productivity due to disguised unemployment and coordination problems. Conversely, the coefficient for operated land shows a negative and significant relationship with inefficiency, suggesting economies of scale where larger land holdings reduce inefficiency, a finding consistent with Munshi et al. (2020) and Kehinde et al. (2024).

This study synthesizes the challenges and favorable factors of jute cultivation into a novel composite index. The most critical problem identified was low market prices, followed by disease and insect infestations, inadequate water reservoirs, a lack of technical knowledge, and insufficient extension services. Other significant obstacles were financial difficulties, poor seed quality, limited credit access, and inefficient transport. Conversely, favorable conditions included good weather, easy market access, efficient transportation, and access to credit, whereas training and NGO support were notably scarce. While the integration of these elements into a single index is new, their individual components are well established in the literature. The challenges of high production costs align with Sheheli and Roy (2014) and Munshi et al. (2020). Furthermore, these impediments are consistent with jute production constraints identified in other South Asian contexts, such as those reported by Kumar et al. (2017) in India and Ghimire and Thakur (2013) in Nepal. To revitalize the jute sector, the Government of Bangladesh should prioritize interventions that address these specific, critical challenges faced by farmers.

Analiza wskazuje, że wielkość rodziny ma dodatni i istotny wpływ na nieefektywność techniczną, co sugeruje, że liczniejsze gospodarstwa domowe wiążą się z mniej efektywną produkcją juty. Wniosek ten jest zgodny z wynikami badań Ahmeda i in. (2013), ale stoi w sprzeczności z ustaleniami Tamirata i Tadelego (2023), zgodnie z którymi większa liczba członków rodziny zwiększa wydajność wśród plantatorów kawy. Rozbieżność ta sugeruje, że wpływ wielkości rodziny zależy od kontekstu. W produkcji kawy liczniejsza rodzina może dostarczać niezbędnej pracy ręcznej do złożonych czynności – od zbioru po przetwarzanie – przy których bezpośredni wkład każdego członka zwiększa ogólną efektywność. Natomiast w uprawie juty wymagania dotyczące pracy, wyzwania związane z zarządzaniem lub poszczególne etapy produkcji mogą się różnić, co oznacza, że dodatkowi członkowie rodziny nie zapewniają takiej samej przewagi produkcyjnej. Choć liczniejsza rodzina mogłaby teoretycznie wspomagać produkcję juty na obszarach wiejskich, wyniki wskazują, że ta potencjalna przewaga w zakresie siły roboczej nie przekłada się na wyższą efektywność techniczną przy obecnych praktykach stosowanych w Bangladeszu. Wynik ten jest zgodny z wcześniejszą pracą Coellego i Battese (1996), którzy wykazali, że liczniejsze gospodarstwa domowe nie zawsze zapewniają efektywne wykorzystanie pracy. Wynik ten jest również zgodny z ustaleniami Binama i in. (2004) oraz Hyuhy i in. (2007), którzy zaobserwowali, że powyżej optymalnej wielkości gospodarstwa domowego dodatkowi członkowie niewiele wnoszą do produktywności z powodu bezrobocia ukrytego i problemów koordynacyjnych. Z kolei współczynnik dla użytkowanej ziemi wykazuje ujemną i istotną zależność z nieefektywnością, co sugeruje korzyści skali, w ramach których większy areał gruntów obniża nieefektywność. Ustalenie to jest zgodne z wynikami Munshiego i in. (2020) oraz Kehindego i in. (2024).

W niniejszym badaniu wyzwania i czynniki sprzyjające uprawie juty połączono w nowatorski wskaźnik zagregowany. Najpoważniejszym zidentyfikowanym problemem były niskie ceny rynkowe, a w dalszej kolejności choroby i inwazje owadów, niedostateczna liczba zbiorników wodnych, brak wiedzy technicznej oraz niewystarczające usługi doradcze. Do innych istotnych przeszkód należały trudności finansowe, niska jakość nasion, ograniczony dostęp do kredytów oraz nieefektywne środki transportu. Z kolei do warunków sprzyjających należały dobra pogoda, łatwy dostęp do rynku, sprawny transport i dostęp do kredytu, podczas gdy szkolenia oraz wsparcie organizacji pozarządowych były wyraźnie niewystarczające. Choć połączenie tych elementów

w jeden wskaźnik jest nowością, ich poszczególne składowe są dobrze ugruntowane w dotychczasowej literaturze. Wyzwania związane z wysokimi kosztami produkcji są zbieżne z ustaleniami Shehelego i Roya (2014) oraz Munshiego i in. (2020). Przeszkody te są ponadto spójne z ograniczeniami produkcji juty zidentyfikowanymi w innych kontekstach południowoazjatyckich, takimi jak opisane przez Kumara i in. (2017) w Indiach czy Ghimirego i Thakura (2013) w Nepalu. Aby ożywić sektor juty, rząd Bangladeszu powinien w pierwszej kolejności podjąć interwencje odpowiadające na te konkretne kluczowe wyzwania, z którymi mierzą się rolnicy.

Conclusion and Future Research Directions

This study investigates the technical efficiency of jute cultivation among farmers in the Kushtia district of Bangladesh. To evaluate sector performance and challenges, a methodological framework combining technical efficiency analysis and stochastic frontier analysis was used. The assessment revealed an average technical efficiency score of about 89%, suggesting potential for increased production through better input use and technological adoption, as many farmers operate below optimal output. The analysis identified key challenges, including adverse market conditions, inadequate water resources, limited technical knowledge, and restricted access to extension services, all of which limit economic performance in jute farming.

Several favourable factors, such as advantageous weather patterns and efficient market access, contribute positively to farmers' productivity. The development of the Farmers' Narrative Index provides a comprehensive view of these dynamics. The index shows that while some areas (Kumarkhali and Daulatpur) are promising for jute cultivation, others (Sadar, Khoksa, Bheramara, and Mirpur) face significant barriers to success. This study highlights the need for specific support and interventions to address these challenges, enhancing both technical efficiency and the sustainability of jute cultivation in the region. It also emphasises the importance of improving farmer education, access to resources, and government support to create a more productive and resilient agricultural landscape in Kushtia, thereby contributing to broader economic development. This research will provide valuable information to guide farmers, extension workers, research personnel, and policymakers. However, it has a limitation: the study measures only the general technical efficiency of jute-growing farmers. It is not a variety-wise efficiency assessment of jute or other related factors.

Wnioski i kierunki przyszłych badań

W niniejszym badaniu przeanalizowano efektywność techniczną uprawy juty wśród rolników w dystrykcie Kushtia w Bangladeszu. Do oceny wyników i wyzwań sektora wykorzystano ramy metodologiczne łączące analizę efektywności technicznej ze stochastyczną analizą graniczną. Ocena ujawniła średni wynik efektywności technicznej na poziomie około 89%, co wskazuje na potencjał zwiększenia produkcji dzięki lepszemu wykorzystaniu nakładów i wdrażaniu technologii, ponieważ wielu rolników funkcjonuje poniżej optymalnego poziomu produkcji. W ramach analizy zidentyfikowano kluczowe wyzwania, w tym niekorzystne warunki rynkowe, niewystarczające zasoby wodne, ograniczoną wiedzę techniczną oraz ograniczony dostęp do usług doradczych – wszystkie one ograniczają wyniki ekonomiczne uprawy juty.

Kilka czynników sprzyjających, takich jak korzystne warunki pogodowe i sprawny dostęp do rynku, pozytywnie wpływa na produktywność rolników. Opracowanie wskaźnika narracji rolników zapewnia kompleksowy obraz tych zależności. Wskaźnik pokazuje, że choć niektóre obszary (Kumarkhali i Daulatpur) są obiecujące pod względem uprawy juty, inne (Sadar, Khoksa, Bheramara i Mirpur) borykają się z poważnymi przeszkodami utrudniającymi osiągnięcie sukcesu. W niniejszym badaniu podkreślono potrzebę zapewnienia konkretnego wsparcia i podjęcia odpowiednich działań mających na celu sprostanie tym wyzwaniom, co pozwoli zwiększyć zarówno efektywność techniczną, jak i zrównoważony charakter uprawy juty w regionie. W pracy podkreśla się również znaczenie poprawy poziomu wykształcenia rolników, dostępu do zasobów oraz wsparcia rządowego w celu stworzenia bardziej produktywnego i odpornego sektora rolnego w Kushtii, co przyczyni się do szerszego rozwoju gospodarczego. Badanie dostarcza cennych informacji, które mogą służyć rolnikom, doradcom rolnym, pracownikom naukowym i decydentom.

The findings are based on data from Kushtia district, Bangladesh, so they should be interpreted cautiously. Obtaining accurate information is challenging because farmers do not keep written records of costs and returns. We collected information based on farmers' memories. This study mainly assessed the technical efficiency of jute cultivation in the area. Other aspects, such as marketing and the value chain, were not included due to time and budget constraints.

Future research could address these limitations by conducting variety-specific efficiency analyses and expanding the scope to include additional districts or national-level samples for greater generalizability. Incorporating longitudinal data and triangulating survey responses with farm records would enhance data reliability. Moreover, integrating value chain analysis, exploring the impacts of policy reforms, and assessing the effects of emerging technologies could provide a more comprehensive understanding of the jute sector's performance and development prospects in Bangladesh.

Ma ono jednak pewne ograniczenie: mierzy wyłącznie ogólną efektywność techniczną rolników uprawiających jutę. Nie jest to ocena efektywności produkcji juty w podziale na odmiany ani analiza innych powiązanych czynników. Wyniki te opierają się na danych z dystryktu Kushtia w Bangladeszu, dlatego należy je interpretować z ostrożnością. Uzyskanie dokładnych informacji jest trudne, ponieważ rolnicy nie prowadzą pisemnych zapisów kosztów i przychodów. Informacje uzyskano na podstawie relacji respondentów. W badaniu oceniono przede wszystkim efektywność techniczną uprawy juty na badanym obszarze. Inne aspekty, takie jak marketing i łańcuch wartości, nie zostały uwzględnione ze względu na ograniczenia czasowe i budżetowe.

W przyszłych badaniach można by odpowiedzieć na te ograniczenia poprzez przeprowadzenie analizy efektywności w podziale na odmiany oraz rozszerzenie zakresu badań o kolejne dystrykty lub próby na poziomie krajowym, aby zwiększyć możliwości uogólnienia wyników. Wykorzystanie danych podłużnych oraz triangulacja odpowiedzi ankietowych z zapisami prowadzonymi przez gospodarstwa zwiększyłyby wiarygodność danych. Ponadto uwzględnienie analizy łańcucha wartości, zbadanie skutków reform politycznych oraz ocena wpływu nowych technologii mogłyby zapewnić pełniejsze zrozumienie wyników sektora juty i perspektyw jego rozwoju w Bangladeszu.

References / Bibliografia

- Abdul-Rahaman, A., & Abdulai, A. (2020). Farmer Groups, Collective Marketing and Smallholder Farm Performance in Rural Ghana. *Journal of Agribusiness in Developing and Emerging Economies*, 10(5), 511–527. <https://doi.org/10.1108/JADEE-07-2019-0095>
- Afroz, S., & Islam, M.S. (2012). Economics of Aus Rice (*Oryza Sativa*) and Jute (*Corchorus Olitorius*) Cultivation in Some Selected Areas of Narsingdi District of Bangladesh. *The Agriculturists*, 10(2), 90–97. <https://doi.org/10.3329/agric.v10i2.13145>
- Ahmed B., Haji J., & Geta, E. (2013). Analysis of Farm Households' Technical Efficiency in Production of Smallholder Farmers: The Case of Girawa District, Ethiopia. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science*, 13(12), 1615–1621. [https://idosi.org/aejaes/jaes13\(12\)13/5.pdf](https://idosi.org/aejaes/jaes13(12)13/5.pdf)
- Akter, R. (2015). Jute Goods Exports to Australia: An Analysis of Market Potentials for Bangladeshi Jute Products. *International Journal of Management & Business Studies*, 5(2), 21–30. <https://www.ijmbs.com/Vol5/2/3-Rahima-Akter.pdf>
- Akter, S., Sadekin, M.N., & Islam, N. (2020). Jute and Jute Products of Bangladesh: Contributions and Challenges. *Asian Business Review*, 10(3), 143–152. <https://doi.org/10.18034/abr.v10i3.480>
- Alwarritzi, W., Nanseki, T., & Chomei, Y. (2015). Analysis of the Factors Influencing the Technical Efficiency Among Oil Palm Smallholder Farmers in Indonesia. *Procedia Environmental Sciences*, 28, 630–638. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2015.07.074>
- Arif, K.M., Islam, S.R., & Islam, A. (2024). Challenges and Opportunities of Growth Centres in Bangladesh: Rural Development Perspective. *Frontiers of Urban and Rural Planning*, 2(1), 1. <https://doi.org/10.1007/s44243-023-00026-7>
- Asif, N.I., Rahman, N., Pollob, S.S., Islam, Z., Khan, A.M.M., Samadder, R., & Khan, M.A. (2025). Eco-Friendly Innovation in Packaging: Sustainable Business Strategies for Sonali Bag. *Journal of Sustainable Marketing*, 7(1), 117–149. <https://doi.org/10.51300/JSM-2025-152>
- Ashrafuzzaman, M., & Islam, M.A. (2020). Status and Potential of Jute Industry in Rajshahi Division. *Bangladesh Journal of Political Economy*, 36(1), 179–190. <https://bea-bd.org/site/article-details/366>
- Bangladesh Bureau of Statistics (BBS). (2022). *Yearbook of Agricultural Statistics 2021*. Ministry of Planning, Government of the People's Republic of Bangladesh.
- Bangladesh Bureau of Statistics (BBS). (2023). *Statistical Yearbook 2022*. Ministry of Planning, Government of the People's Republic of Bangladesh.
- Battese, G.E., & Coelli, T.J. (1995). A Model for Technical Inefficiency Effects in a Stochastic Frontier Production Function for Panel Data. *Empirical Economics*, 20(2), 325–332. <https://doi.org/10.1007/BF01205442>
- Begum, I.A., Buysse, J., Alam, M.J., & van Huylbroeck, G. (2010). Technical, Allocative and Economic Efficiency of Commercial Poultry Farms in Bangladesh. *World's Poultry Science Journal*, 66(3), 465–476. <https://doi.org/10.1017/S0043933910000541>
- Binam, J.N., Tonye, J., Nyambi, G., & Akoa, M. (2004). Factors Affecting the Technical Efficiency Among Smallholder Farmers in the Slash and Burn Agriculture Zone of Cameroon. *Food Policy*, 29(5), 531–545. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2004.07.013>
- Bristy, A.N. (2020). *Profitability Analysis and Different Aspects of Jute Cultivators in Jamalpur District [Master's thesis]*. Department of Agricultural Statistics, Sher-E-Bangla Agricultural University. <http://www.saulibrary.edu.bd/daatj/public/uploads/Done%2012-05208.pdf>
- Bryman, A. (2016). *Social Research Methods* (5th Ed.). Oxford University Press.
- Chakraborty, R. (2020). Jute and Sustainable Development: A Study of Its Socio-Economic and Environmental Prospects. *Indian Journal of Law and Justice*, 11(2), 331–346. <https://ir.nbu.ac.in/handle/123456789/3687>
- Chapke, R.R. (2009). Constraints and Motivation Behind Jute Cultivation. *Indian Journal of Extension Education*, 45(3–4), 85–91. <https://epubs.icar.org.in/index.php/IJEE/article/view/122882>
- Coelli, T., Rahman, S., & Thirtle, C. (2002). Technical, Allocative, Cost and Scale Efficiencies in Bangladesh Rice Cultivation: A Non-Parametric Approach. *Journal of Agricultural Economics*, 53(3), 607–626. <https://doi.org/10.1111/j.1477-9552.2002.tb00040.x>
- Dessale, M. (2019). Analysis of Technical Efficiency of Small Holder Wheat-Growing Farmers of Jamma District, Ethiopia. *Agriculture & Food Security*, 8(1), 1. <https://doi.org/10.1186/s40066-018-0250-9>
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2023). Jute, Kenaf, Sisal, Abaca, Coir and Allied Fibres. Statistical Bulletin. <https://openknowledge.fao.org/items/c079df05-113b-4fa8-9fbf-b80df6b8f826>
- Ghimire, T.B., & Thakur, N.S. (2013). Constraint and Opportunity of Raw Jute Production: A Case Study of Eastern Terai, Nepal. *Agronomy Journal of Nepal*, 3, 117–122. <https://doi.org/10.3126/ajn.v3i0.9013>
- Hossain, M.B., Uddin, M.N., Alam, M.J., Ali, M.Y., & Rahman, M.R. (2014). Economic Performance of Jute Cultivation at Farm Level in Some Selected Areas of Bangladesh. *Journal of Experimental Biosciences*, 5(1), 97–104. <https://www.bioscience-associates.com/2014/11/5-1-14-hossain-et-al.html>

- Hsu, C.C., & Sandford, B.A. (2007). The Delphi Technique: Making Sense of Consensus. *Practical Assessment, Research, and Evaluation*, 12(1), 10. <https://doi.org/10.7275/pdz9-th90>
- Hussain, M. (2015). Problems and Solutions in Jute Cultivation Faced by the Farmers in Selected Jute Growing Areas of Bangladesh. *Indian Journal of Natural Fibers*, 2(1), 151–154. <https://indianjournals.com/article/ijnf-2-1-003>
- Hyuha, T.S., Bashaasha, B., Nkonya, E., & Kraybill, D. (2007). Analysis of Profit Inefficiency in Rice Production in Eastern and Northern Uganda. *African Crop Science Journal*, 15(4), 243–253. <https://doi.org/10.4314/acsj.v15i4.54465>
- İkikat Tümer, E., Ağır, H.B., & Aydoğan, İ. (2020). Evaluating Technical Efficiency of Hair Goat Farms in Turkey: The Case of Mersin Province. *Tropical Animal Health and Production*, 52(6), 3707–3712. <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02407-2>
- Islam, M.M., & Ali, M.S. (2018). Industrial Research Advances of Jute in Bangladesh. *International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering*, 3(1), 1–9. <http://www.aascit.org/journal/archive2?journalId=805&paperId=5820>
- Islam, M.M., & Moniruzzaman, S.M. (2017). Marketing of Raw Jute in Bangladesh: A Review. *International Journal of Business Marketing and Management*, 2(9), 21–39. <https://www.ijbmm.com/paper/Oct2017/1222668306.pdf>
- Islam, M.M., Xiaoying, J., Uddin, M.E., & Bhuiyan, F. (2015). Status and Constraints of Jute Cultivation in Bangladesh: An Experience from Selected Upazilas Under Chandpur District. *Asian Journal of Agriculture and Rural Development*, 5(8), 175–186. <https://archive.aessweb.com/index.php/5005/article/view/1397>
- Karim, N., Sarker, F., Afroj, S., Zhang, M., Potluri, P., & Novoselov, K.S. (2021). Sustainable and Multifunctional Composites of Graphene-Based Natural Jute Fibers. *Advanced Sustainable Systems*, 5(3), 2000228. <https://doi.org/10.1002/adsu.202000228>
- Kazal, M.M.H., Rahman, S., Alam, M.J., & Hossain, S.T. (2013). *Financial and Economic Profitability of Selected Agricultural Crops in Bangladesh*. Department of Management and Finance, Sher-e-Bangla Agricultural University. <https://tiny.pl/w4q87hzff>
- Kehinde, A.D., Ojo, T.O., & Ogundeji, A.A. (2024). Impact of Participation in Social Capital Networks on the Technical Efficiency of Maize Producers in Southwest Nigeria. *Agriculture & Food Security*, 13(1). <https://doi.org/10.1186/s40066-023-00464-y>
- Kumar, S., Shamna, A., & Jha, S.K. (2017). Adoption of Production Technologies Among Jute Growers in West Bengal. *Journal of Community Mobilization and Sustainable Development*, 12(2), 216–222. <https://indianjournals.com/article/jcmsd-12-2-010>
- Kumbhakar, S.C., Ghosh, S., & McGuckin, J.T. (1991). A Generalized Production Frontier Approach for Estimating Determinants of Inefficiency in US Dairy Farms. *Journal of Business & Economic Statistics*, 9(3), 279–286. <https://doi.org/10.1080/07350015.1991.10509853>
- Mondal, M.H. (2010). Crop Agriculture of Bangladesh: Challenges and Opportunities. *Bangladesh Journal of Agricultural Research*, 35(2), 235–245. <https://doi.org/10.3329/bjar.v35i2.5886>
- Moniruzzaman, S.M., Alam, M.J., Sharma, D., Begum, I.A., Patino, M.T.O., & McKenzie, A.M. (2024). Value Chain Analysis of Jute Fiber in Bangladesh. *Social Sciences & Humanities Open*, 10, 101088. <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2024.101088>
- Munshi, S.K., Ahmed, B., & Rahim, J. (2020). *Challenges and Prospects of Jute Cultivation: A Study on Farmer's Response in Selected Areas of Bangladesh*. Working Paper. Bangladesh Academy for Rural Development.
- Nardo, M., Saisana, M., Saltelli, A., & Tarantola, S. (2005). *Tools for Composite Indicators Building*. European Commission. <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC31473>
- Niloy, A.C. (2021). Jute: Solution to Global Challenges and Opportunities of Bangladesh. *SEISENSE Business Review*, 1(2), 59–75. <https://doi.org/10.33215/sbr.v1i2.633>
- Paltasingh, K.R., & Goyari, P. (2018). Impact of Farmer Education on Farm Productivity Under Varying Technologies: Case of Paddy Growers in India. *Agricultural and Food Economics*, 6(1), 7. <https://doi.org/10.1186/s40100-018-0101-9>
- Paul, U.K. (2024). Estimation of Technical Efficiency of Chemical-Free Farming Using Data Envelopment Analysis and Machine Learning: Evidence from India. *Benchmarking: An International Journal*, 31(1), 140–161. <https://doi.org/10.1108/BIJ-08-2021-0494>
- Paulsen, P.S. (2022). *Jute Farmers in Bangladesh: A Study on Institutional Influences [Master's thesis]*. Swedish University of Agricultural Sciences. <https://stud.epsilon.slu.se/18113/>
- Proshad, R., Kormoker, T., Islam, M.S., Haque, M.A., Rahman, M.M., & Mithu, M.M.R. (2018). Toxic Effects of Plastic on Human Health and Environment: Consequences of Health Risk Assessment in Bangladesh. *International Journal of Health*, 6(1), 1–5. <https://doi.org/10.14419/ijh.v6i1.8655>
- Rahman, S., & Rahman, M. (2009). Impact of Land Fragmentation and Resource Ownership on Productivity and Efficiency: The Case of Rice Producers in Bangladesh. *Land Use Policy*, 26(1), 95–103. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2008.01.003>

- Rahman, S., Kazal, M.M.H., Begum, I.A., & Alam, M.J. (2017). Exploring the Future Potential of Jute in Bangladesh. *Agriculture*, 7(12), 96. <https://doi.org/10.3390/agriculture7120096>
- Rana, M.R.K., Amin, A., Ayub, A., Shaon, F.H., Paul, J.C., Chowdhury, F.T., Khan, H., & Islam, M.R. (2024). An Improved Jute Ribbon Retting Using Microbial Consortia from Jute Retting Water. *Industrial Crops and Products*, 221, 119335. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2024.119335>
- Saha, P., Roy, D., Manna, S., Adhikari, B., Sen, R., & Roy, S. (2012). Durability of Transesterified Jute Geotextiles. *Geotextiles and Geomembranes*, 35, 69–75. <https://doi.org/10.1016/j.geotextmem.2012.07.003>
- Sheheli, S., & Roy, B. (2014). Constraints and Opportunities of Raw Jute Production: A Household Level Analysis in Bangladesh. *Progressive Agriculture*, 25, 38–46. <https://doi.org/10.3329/pa.v25i0.24070>
- Singh, A.K., Jha, S.K., Majumdar, B., Roy, M.L., Sarkar, S., & Ghorai, A.K. (2019). Impacts of Climate Smart Jute Farming on Resource Use Efficiency, Productivity and Economic Benefits in Rural Eastern India. *Outlook on Agriculture*, 48(1), 75–82. <https://doi.org/10.1177/0030727019829488>
- Tamirat, N., & Tadele, S. (2022). Determinants of Technical Efficiency of Coffee Production in Jimma Zone, Southwest Ethiopia. *Heliyon*, 9(4), e15030. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15030>
- Tenaye, A. (2020). Technical Efficiency of Smallholder Agriculture in Developing Countries: The Case of Ethiopia. *Economies*, 8(2), 34. <https://doi.org/10.3390/economies8020034>
- Yasmin, S., & Moniruzzaman, M. (2024). Forecasting of Area, Production, and Yield of Jute in Bangladesh Using Box–Jenkins ARIMA Model. *Journal of Agriculture and Food Research*, 16, 101203. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101203>

Submission date / Data nadesłania: 21.10.2025

Final revision date / Data ostatniej recenzji: 3.03.2026.

Acceptance date / Data akceptacji: 23.04.2026.

© 2026 Arif, K.M., Islam, M.A., & Hasan, N. This is an open access article licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Autorskie prawa osobiste: Arif, K.M., Islam, M.A i Hasan, N. (2026). Niniejszy artykuł został opublikowany w otwartym dostępie na licencji Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

