

<https://doi.org/10.61308/MXCY8192>

Трендови сценарии за влиянието на смарт договорите върху транзакционните разходи на земеделските стопанства

Даниел Петров

Институт по аграрна икономика – София, Селскостопанска академия – София,

E-mail: dpetrov.iae@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0000-7396-1556>

Резюме: Статията изследва въздействието на новата институционална икономика (НИЕ) върху аграрния сектор, като акцентира върху ролята на смарт договорите за намаляване на транзакционните разходи и повишаване на икономическата ефективност. НИЕ разглежда институциите като ключов фактор за координация и управление на икономическите взаимодействия, особено в условия на висока несигурност, специфичност на активите и опортюнистично поведение. Смарт договорите, базирани на блокчейн технология, се представят като иновативен механизъм за автоматизиране на процесите на договаряне, мониторинг и изпълнение на споразумения. Те елиминират необходимостта от посредници, минимизират риска от човешки грешки и увеличават прозрачността във веригата на стойността. Използвайки стохастични модели, статията оценява ефективността на разходите за преки вложения, договорна работа и обслужване на дълга при три сценария – базов, оптимистичен и песимистичен. Резултатите показват значителен потенциал на смарт договорите да трансформират аграрния сектор чрез намаляване на транзакционните разходи и подобряване на рентабилността, особено при пълно внедряване. Въпреки това, приложението им е ограничено от недостатъчно развита инфраструктура, липса на технологични умения и неясноти в регулаторната рамка. Статията подчертава необходимостта от целенасочена институционална подкрепа за преодоляване на тези бариери. Изследването допринася към литературата с интердисциплинарен подход, свързващ теоретични модели и практически анализи, предоставяйки основа за развитие на устойчиви политики в аграрния сектор.

Ключови думи: смарт договори; транзакционни разходи; блокчейн; икономическа ефективност; институционална икономика

Trend Scenarios for the Impact of Smart Contracts on Transaction Costs in Agricultural Enterprises

Daniel Petrov

Institute of agricultural economics – Sofia, Agricultural academy – Sofia

E-mail: dpetrov.iae@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0000-7396-1556>

Citation: Petrov, D. (2025). Trend Scenarios for the Impact of Smart Contracts on Transaction Costs in Agricultural Enterprises. *Bulgarian Journal of Agricultural Economics and Management*, 70(2), 15-27 BG.

Abstract: The article examines the impact of New Institutional Economics (NIE) on the agricultural sector, focusing on the role of smart contracts in reducing transaction costs and enhancing economic efficiency. NIE considers institutions as key factors for coordinating and managing economic interactions, particularly under conditions of high uncertainty, asset specificity, and opportunistic behavior. Smart contracts, based on blockchain technology, are presented as an innovative mechanism for automating the processes of negotiation, monitoring, and contract enforcement. They eliminate the need for intermediaries, minimize the risk of human

error, and increase transparency within the value chain. Using stochastic models, the article evaluates the cost-effectiveness of direct inputs, contract work, and debt servicing under three scenarios – baseline, optimistic, and pessimistic. The results demonstrate the significant potential of smart contracts to transform the agricultural sector by reducing transaction costs and improving profitability, especially under full adoption. However, their implementation is constrained by underdeveloped infrastructure, a lack of technological expertise, and regulatory uncertainties. The article highlights the need for targeted institutional support to overcome these barriers. This study contributes to the literature through an interdisciplinary approach that integrates theoretical models and practical analyses, providing a foundation for the development of sustainable policies in the agricultural sector.

Keywords: smart contracts; transaction costs; blockchain; economic efficiency; institutional economics

ВЪВЕДЕНИЕ

Новата институционална икономика (НИЕ) представлява научна парадигма, която изследва ролята на институциите в икономическите процеси, с особен фокус върху транзакционните разходи и тяхното въздействие върху поведението на икономическите агенти (Paniagua and Rayamajhee, 2024). Разработена като отговор на ограниченията на класическата икономическа теория, НИЕ поставя акцент върху това как формални и неформални институции структурират икономическите взаимодействия и как различията в тези структури обуславят ефективността на икономическите системи. НИЕ възниква в средата на 20-ти век в контекста на критиката срещу модела на идеализираните пазари, основан на предположението за пълна информация и рационално поведение на агентите. Основоположникът на НИЕ, Роналд Коуз, с труда си „Природата на фирмата“ (1937), въвежда концепцията за транзакционните разходи – разходи, свързани с търсенето на информация, договарянето и изпълнението на договори (Coase, 1937). По-късно Оливър Уилямсън развива тази идея, като обяснява как различни институционални механизми, като фирми и кооперативи, намаляват транзакционните разходи и координират икономическите дейности. Уилямсън също въвежда понятието „специфичност на активите“ – степента, до която даден актив може да бъде използван за конкретна транзакция и не за други, като подчертава, че високата специфичност увеличава

риска от опортюнистично поведение и налага създаването на защитни механизми за страните по договора (Williamson, 1981).

Основните концепции на НИЕ включват институции, които могат да бъдат формални и неформални, като първите обхващат закони, регулации и правни рамки, а вторите – обичаи, морални норми и социални практики; транзакционни разходи, които се отнасят до разходите за събиране на информация, преговори, мониторинг и изпълнение на договори; опортюнистично поведение, което се проявява чрез действия, целящи извличане на ползи от информационната асиметрия; и специфичност на активите, което означава степента на обвързаност на активите с конкретна сделка (North, 1991). Аграрният сектор е изключително зависим от институциите поради своята специфика, която включва сезонност, географска разпръснатост и зависимост от природни условия. Формалните институти като законите за земеделска собственост и регулациите за субсидии играят ключова роля в защитата на правата на стопаните и улесняват достъпа до кредити и пазари, докато неформалните институции, като социалните мрежи и традициите в селските райони, също са от решаващо значение за координация и сътрудничество (Mikova, 2021). В този контекст НИЕ анализира как институционалната рамка влияе върху поведението на фермерите, разпределението на ресурси и взаимоотношенията между икономическите субекти по веригата на стойността (Amare et al., 2024).

Въпреки приноса си, НИЕ среща предизвикателства при анализа на селското стопанство, включително зависимостта от природни условия и климатични рискове, които усложняват прогнозите за икономическо поведение, както и ограничения достъп на малките стопанства до съвременни институционални механизми и технологии, което увеличава транзакционните разходи (Libesap, 2014). Въпреки тези ограничения, НИЕ предоставя мощен аналитичен инструментариум за разбирането на икономическите процеси в аграрния сектор, като помага за идентифициране на слабостите в управлението, и предлага решения за подобряване на ефективността в лицето на аграрното управление (Agro governance) (Bachev, 2023).

Аграрното управление е комплексна система, която включва институционални механизми, политики и правила за координация на ресурсите и дейностите в селскостопанския сектор. Ефективното аграрно управление изисква прозрачност, справедливост и намаляване на транзакционните разходи, които възникват при взаимодействията между фермери, доставчици, преработватели и други участници (Bachev and Ivanov, 2024). Исторически, аграрното управление се развива като инструмент за регулация на собствеността върху земята и координация на селскостопанското производство. След Втората световна война аграрните реформи засилват ролята на държавата и публичните институции като регулатори и финансови поддръжници на сектора. Създаването на Общата селскостопанска политика на Европейския съюз през 1962 г. е пример за интегрирана институционална рамка, която цели стабилност на пазара, сигурност на доходите за фермерите и устойчиво използване на ресурсите. Въпреки това, институционалните рамки на много развиващи се страни остават слабо изградени, което води до липса на контрол върху договорните отношения и ограничена прозрачност във веригите на стойността (McMillan and Woodruff, 1999). Съвременните предизвикателства пред аграрното управление включват глобализа-

цията, геополитиката, климатичните промени и необходимостта от устойчиво използване на ресурсите. Тези фактори увеличават сложността на договорните отношения и налагат нуждата от по-ефективни механизми за управление.

Договорните отношения в аграрния сектор представляват ключов механизъм за координация между участниците във веригата на стойността и играят съществена роля за разпределението на ресурсите, управлението на риска и осигуряването на предвидимост при пазарните взаимодействия (Zhang, 2024). Те имат ключова роля за регулирането на отношенията между производители, преработватели, доставчици и потребители, но тяхната непълнота е често срещан проблем. Непълнотата на договорите произтича от ограничената информация, асиметрията на знанията между страните, несигурността на бъдещите събития и сложността на аграрните процеси, които често са зависими от външни фактори като климат, пазарни колебания и биологични цикли. Поради специфичните характеристики на аграрния сектор, договорните отношения често са изложени на висока степен на несигурност и значителни транзакционни разходи за земеделските предприятия (Man, Kadhim, Abd Latif, and Wong Kai Seng, 2017). Тези разходи включват разходи за събиране на информация за партньорите и пазарните условия, което е особено предизвикателно в селскостопанския сектор поради наличието на асиметрична информация между страните по договора. Традиционните договори изискват съгласуване и преговори, които удължават времето до сключване на сделката, и пораждат допълнителни разходи, като нотариални такси, правни консултации, проверки за автентичност и други (Minarelli, Raggi, and Viaggi, 2015).

Малките земеделски стопанства обикновено са в неблагоприятна позиция поради липсата на достъп до актуални данни и ресурси, което ги прави по-зависими от големите преработватели и посредници (Tomar et al., 2021). Освен това, договарянето на условията, вклю-

чително сроковете за доставка, качеството на продукцията и цените, изисква значително време и ресурси, особено когато липсва стандартизирана рамка за сключване на споразумения. Разходите за мониторинг и контрол също могат да бъдат значителна част от транзакционните разходи, тъй като обхващат инспекции на продукцията, проверка на съответствието с договорните изисквания и прилагането на санкции при неизпълнение (Binti Man et al., 2017). В случаите на неспазване на условията на договора често възникват спорове, които могат да доведат до допълнителни разходи за арбитраж или съдебни дела, забавяйки изпълнението на други бизнес дейности, и утежнявайки финансовото състояние на фермерите. От друга страна, липсата на ефективни механизми за разрешаване на конфликти и липсата на прозрачност във веригите на доставки допълнително увеличават транзакционните разходи и намаляват доверието между страните (López Rodríguez, 2015).

В този контекст внедряването на иновативни технологии като базирани на блокчейн технологията – смарт договори, би могло да предостави значителни възможности за оптимизиране на договорните отношения (Cong and He, 2019). Смарт договорите представляват фундаментална иновация в контекста на дигиталната икономика и правото на договорни отношения, като техният произход и развитие са тясно свързани с историческото еволюиране на блокчейн технологиите (Newa et al., 2021). Концепцията за смарт договори е предложена за първи път през 1994 г. от криптографа Ник Сабо, който дефинира смарт договора като протокол за компютърна транзакция, който изпълнява условията на споразумението автоматично и без нужда от човешка намеса (Szabo, 1994). Въпреки че тази идея остава теоретична в продължение на години, с появата на блокчейн технологията и платформата Ethereum през 2015 г. смарт договорите се превръщат в практическа реалност. Блокчейн предоставя децентрализирана и неизменяема база данни, която позволява

на страните да въвеждат и съхраняват смарт договори с гаранция за сигурност и прозрачност (Yaga et al., 2019).

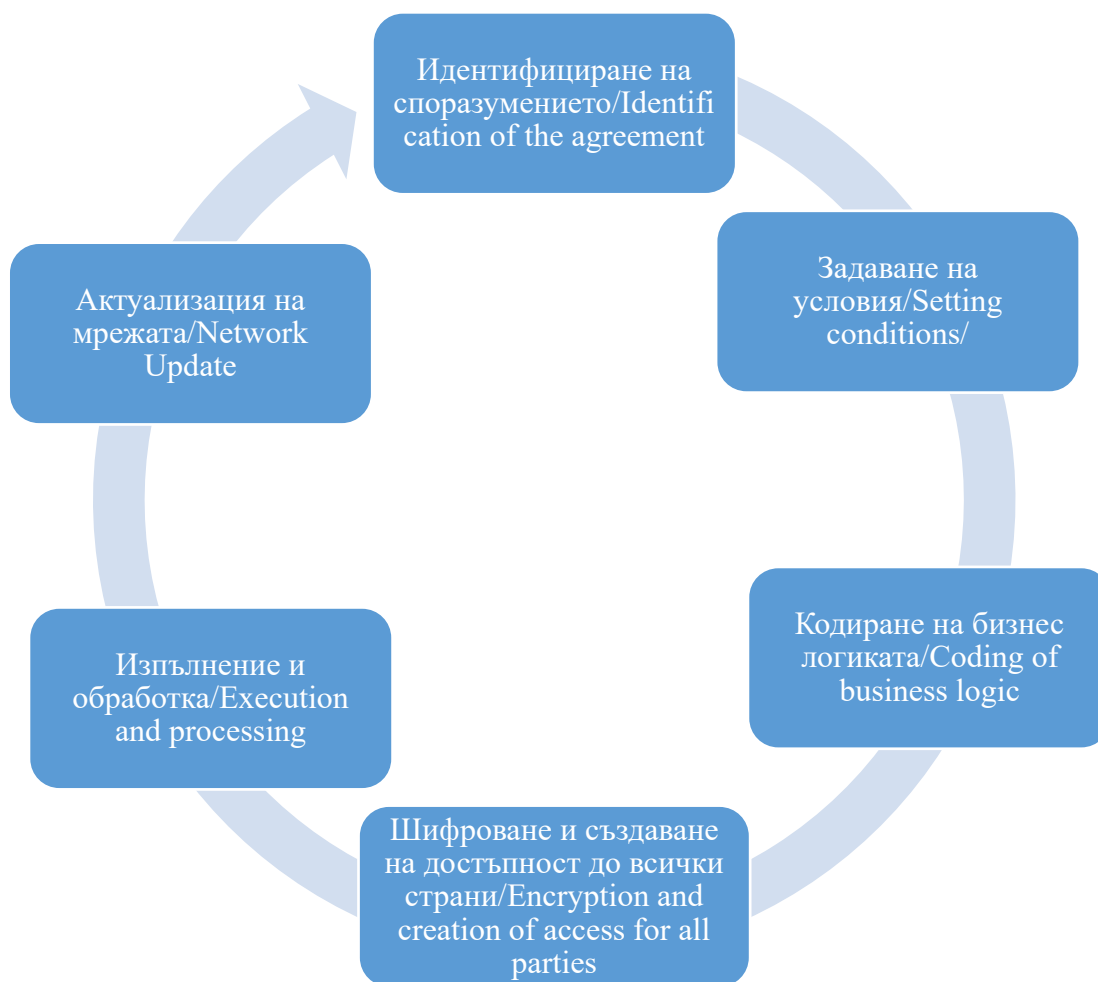
Смарт договорите могат да бъдат дефинирани като автоматизирани правни или търговски споразумения, които се изпълняват самостоятелно при настъпването на определени условия, заложили предварително в компютърен код (Finocchiaro, 2020). Те се съхраняват в блокчейн мрежата и действат чрез логически конструкции тип „ако-тогава“, например: „Ако доставката на продукцията бъде регистрирана като изпълнена в срок, тогава автоматично се извършва плащане“. Основната характеристика на смарт договорите е тяхната неизменност и автоматизирано изпълнение, което елиминира необходимостта от посредници, и значително намалява риска от опортюнистично поведение и неизпълнение на договорните задължения. С други думи – смарт договорите представляват автоматизирани цифрови споразумения, които се изпълняват самостоятелно при изпълнение на предварително зададени условия, без да е необходима намеса на трети страни (Ballaji, 2024).

Приложението на смарт договорите е особено значимо в сфери, където прозрачността, сигурността и автоматизацията на процесите са критични за ефективността на взаимодействията между страните. Историческият контекст на блокчейн и смарт договорите показва, че техният потенциал за приложение се разгръща отвъд финансовите и логистични сфери. В земеделието смарт договорите намират приложение в системите за проследяване на произхода на храните, като позволяват на участниците по веригата да имат достъп до пълна и неизменяема история на продукцията – от засяването до доставката (Lekha and Bhavya, 2022). Това не само би създало доверие между фермерите, преработвателите и крайните потребители, но и би позволило справедливо ценообразуване и предотвратяване на злоупотреби. По този начин смарт договорите биха допринесли за редуциране на транзакционните разходи чрез частичното

или пълно елиминиране на разходите за посредници, минимизиране на времето за договаряне и намаляване на административните усилия за мониторинг и контрол. Разходите за разрешаване на спорове също биха се намалили, тъй като всички действия по договора се регистрират и съхраняват в блокчейн системата като неоспорими доказателства, които автоматично активират санкции или компенсаторни мерки при нарушаване на условията.

Въпреки значителните предимства, прилагането на смарт договори в земеделието изисква преодоляване на някои предизвикателства. На първо място, липсата на дигитал-

на инфраструктура в някои селски региони може да ограничи възможността за внедряване на технологии, базирани на блокчейн. Освен това, земеделските стопани често имат ограничен достъп до необходимите знания за работа с платформи за управление на блокчейн технологии (Yuan and Sun, 2024). Необходимо е да се отбележи и значението на регулаторната рамка за развитието на смарт договорите в земеделието. В редица държави все още липсва ясно законодателство относно валидността на цифровите договори и защитата на данните на участниците в блокчейн системите (Kumar et al., 2023).



Фиг. 1. Алгоритъм на смарт договор
Fig. 1. Smart Contract Algorithm

Източник: Собствена схема, адаптирана от Binariks. (n.d.)
Source: Own diagram adapted from: Binariks. (n.d.)

Таблица 1. Алгоритъм на смарт договор
Table 1. Smart Contract Algorithm

Етап/Stage	Описание/Description	Пример в земеделието/Example in Agriculture
Идентифициране на споразумението/Identification of the Agreement	Страните уточняват условията и параметрите на сделката – количества, цени, качество и срокове./The parties specify the terms and parameters of the deal.	Фермер и преработвател уточняват доставка на <i>X</i> тона пшеница с конкретни изисквания за качество./A farmer and a processor agree on the delivery of <i>X</i> tons of wheat with specific quality requirements
Задаване на условия/Setting Conditions	Задават се автоматични условия, които определят кога договорът ще се изпълни (например при определено качество на продукцията)./Automatic conditions are established, defining when the contract will be executed (e.g., based on product quality).	Условието може да е автоматично плащане при влажност на пшеницата под <i>X</i> %./The condition might be an automatic payment if the wheat's moisture content is below <i>X</i> %.
Кодиране на бизнес логика/ Coding Business Logic	Създава се програмен код, който автоматично изпълнява проверките и задейства действия при изпълнение на условията./A programmatic code is created to automatically perform checks and trigger actions when conditions are met. The data is encrypted and recorded in a blockchain, ensuring transparency and fraud protection.	Алгоритъмът сравнява резултатите от тестовите с изискванията и изпълнява плащане, ако резултатите съвпадат./The algorithm compares test results with the requirements and executes payment if the results match.
Шифроване и блокчейн технология/Encryption and Blockchain Technology	Данните се шифроват и се записват в блокчейн, като така се гарантира прозрачност и защита от измами./The data is encrypted and recorded in a blockchain, ensuring transparency and fraud protection.	Данните за качеството и условията на сделката се съхраняват в блокчейн и са видими за всички участници./Data on the quality and conditions of the deal is stored in the blockchain and is visible to all participants.
Изпълнение и обработка/ Execution and Processing	Когато условията са изпълнени, кодът се задейства и транзакциите (като плащане) се извършват автоматично./When the conditions are met, the code is triggered, and transactions (e.g., payment) are carried out automatically.	При успешна доставка и изпълнение на условията сумата автоматично се превежда на фермера./Upon successful delivery and fulfillment of the conditions, the amount is automatically transferred to the farmer.
Актуализация на мрежата/ Network Update	Всички участници в мрежата получават информация за изпълнението на договора и актуализират своите записи./All participants in the network receive information about the contract's execution and update their records.	Мрежата обновява записите, така че всички възли отчитат, че сделката е завършена./The network updates records so all nodes reflect that the transaction has been completed.

Източник: Собствена таблица, адаптирана от Binariks. (n.d.)
 Source: Own table adapted from: Binariks. (n.d.)

Многопластовата роля на смарт договорите в аграрния сектор подчертава необходимостта от задълбочен анализ на тяхното потенциално влияние върху ефективността на финансовото и производственото състояние на стопанствата, а също така са свързани с управлението на транзакционните раз-

ходи във веригите за създаване на стойност в земеделието. Настоящата разработка си поставя за цел да изследва ефективността на смарт договорите в контекста на транзакционните разходи на земеделските стопанства в България и да докаже, че те имат потенциала да намалят тези разходи, като

оптимизират ефективността на три ключови показателя:

➤ **Ефективност на разходите за преки вложения** – Представлява съотношението между общата продукция на стопанство (Total Output, €/farm) и преките вложения (Other Direct Inputs, €/farm) – ключов индикатор за ефективност в селскостопанското производство. То измерва способността на стопанството да трансформира ресурси в продукция, предоставяйки основа за анализ на рентабилността. Макар индикаторът да е ориентиран към производствените процеси, той има съществена връзка с транзакционните разходи – елемент, който често остава скрит в анализа на икономическата ефективност. Транзакционните разходи могат да бъдат включени пряко или косвено в категориите на преките вложения. Например разходите за договаряне на доставки, управление на взаимоотношения с доставчици и контрол върху качеството на суровините могат да увеличат обема на (Other Direct Inputs, €/farm). Същевременно по-високите транзакционни разходи водят до по-ниско съотношение, като по този начин сигнализират за потенциални неефективности в управлението на стопанските ресурси. Изборът на този индикатор е обусловен от неговата способност да осигурява количествена оценка на връзката между използваните ресурси и продукцията. Това позволява индиректно изследване на транзакционните разходи чрез тяхното влияние върху преките разходи. При наличие на високи транзакционни разходи, ефективността на използване на ресурсите ще бъде подкопана, което ще се отрази неблагоприятно на стойността на индикатора. По този начин съотношението между общата продукция и преките вложения служи не само като инструмент за измерване на производствената ефективност, но и като индиректен показател за управлението на транзакционните разходи в селскостопанската дейност.

➤ **Ефективност на разходите за договорна работа (външни услуги)** – Съотношението между общата продукция на стопанство

(Total Output, €/farm) и разходите за договорна работа (Contract Work, €) е индикатор, който предоставя количествена оценка на ефективността на външно възложените дейности в производствения процес на стопанството, и разкрива индиректно въздействието на транзакционните разходи. Договорната работа, която представлява външни услуги или наети ресурси, е пряко свързана с тези разходи, тъй като управлението на такива услуги изисква координация, време и финансови ресурси. Разходите за договаряне на условията с външни изпълнители или за контрол върху качеството на произведената продукция могат значително да увеличат общата стойност на разходите за външни услуги, като същевременно повлияят негативно на рентабилността, ако тези разходи не са ефективно управлявани. Съотношението Total Output/Contract Work измерва каква стойност на продукцията се генерира за всяко похарчено евро за договорна работа, което го прави полезен за оценка на възвръщаемостта на инвестициите във външни услуги. Висока стойност на индикатора показва, че договорната работа е добре управлявана и предоставя значителна стойност спрямо направените разходи, като същевременно транзакционните разходи са минимални или оптимално контролирани. Обратно, ниска стойност може да сигнализира за неефективни договорни услуги, свързани с високи транзакционни разходи.

➤ **Ефективност на разходите за обслужване на дълга** – Съотношението между общата продукция на стопанство (Total Output, €/farm) и лихвените плащания (Interest Paid, €) е значим индикатор, който касае пряко ефективността на заемния капитал. Той измерва способността на фермата да генерира продукция спрямо разходите за обслужване на дългове, предоставяйки информация за рентабилността на използваните финансови ресурси. Връзката между лихвените плащания и транзакционните разходи е значима, тъй като транзакционните разходи играят важна роля в цялостния процес на дългово финансиране. В контекста на заемния капитал,

транзакционните разходи се проявяват като административни такси, разходи за правни услуги, такси за оценка на риска и управление на заемите. Те често увеличават общите разходи за финансиране, което води до по-високи лихвени плащания. Чрез анализ на съотношението Total Output/Interest Paid могат да се идентифицират ефектите на транзакционните разходи върху рентабилността. Висока стойност на индикатора показва, че стопанството ефективно използва заемния капитал, минимизирайки свързаните с него транзакционни разходи. Обратно, ниска стойност може да сигнализира за високи транзакционни разходи или за недостатъчно генериране на продукция спрямо финансовите задължения.

МЕТОДОЛОГИЯ

Методологията на изследването за стохастично моделиране в контекста на транзакционните разходи е изградена с цел да предложи модел за оценка на резултатите и ефектите върху производството на ниво държава – България, отчитайки ключови променливи като ефективност при използване на ресурси, ефективност на разходите за обслужване на дълга и ефективност на разходите за договорна работа (външни услуги). Основният подход е базиран на количествен анализ, използвайки стохастичен модел, който предвижда система от уравнения за прогнозиране и оценка на възможните изменения в ключовите показатели за бъдещи периоди. За изграждането на този модел са използвани различни типове модели, заимствани от методологията на Иванов (Иванов, Б., 2024), включително регресионни уравнения с динамични коефициенти на еластичност, авторегресионни модели (ARIMA) за анализ на времеви редове и трендови модели на вариациите, които използват екстраполация на стойности с цел проектиране на бъдещи сценарии. Изследването обхваща периода от 2007 до 2021 г., като прогнозите са направени за периода до 2030 г.

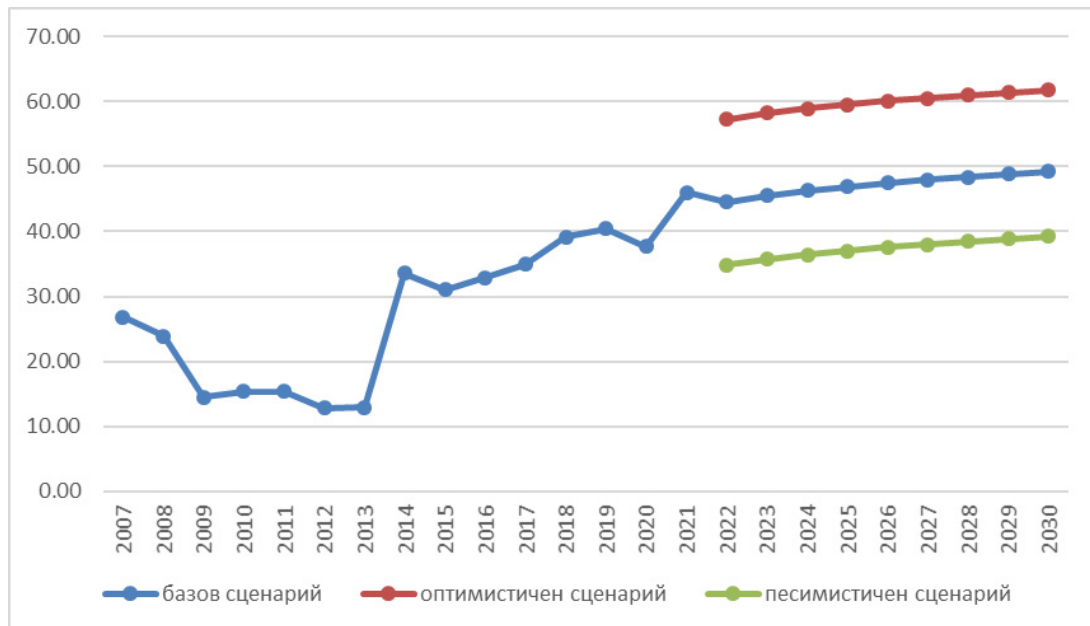
В рамките на анализа са разработени три основни сценария – базов, оптимистичен и песимистичен. Базовият сценарий отчита само историческите тенденции и зависимости между променливите без имплементиране на смарт договори в земеделието. Оптимистичният сценарий използва максималните положителни отклонения на моделната грешка в историческия период на наблюдение, като отчита възможно най-благоприятните условия. Песимистичният сценарий взема предвид най-ниските стойности на аджестиращия коефициент и представя хипотетичния случай на максимални транзакционни разходи. За всеки от трите сценария е направена оценка на ключови показатели като ефективност при използване на разходите за външни услуги. Те са индикатор за степента на зависимост от трети страни, като доброто управление на договори и мониторинг на качеството на тези услуги е ключово за минимизиране на транзакционните разходи. В същото време, директните вложения, като торове, семена и енергия, показват разходите за основни производствени ресурси, които често включват разходи за търсене, договаряне и логистика, и тяхната оптимизация чрез дългосрочни договори или кооперативно снабдяване може значително да намали транзакционните разходи. Разходите за управление на дълга отразяват финансовото бреме на стопанството и са пряко свързани с транзакционните разходи, произтичащи от получаването и управлението на кредити, като добрата кредитна стратегия и прозрачността в тези процеси допринасят за по-добро управление на задълженията. Тези показатели в комбинация осигуряват основа за анализ на икономическата устойчивост и способността на стопанствата да управляват транзакционните разходи, свързани с взаимодействията им в рамките на веригата за създаване на стойност.

ПРЕДВИЖДЕНИЯ ОТ МОДЕЛА

Въвеждането на смарт договори може да се разглежда като ключов фактор за подобряване на ефективността на разходите за преки вложения в аграрния сектор, което е отразено в представената графика. Предвиждането акцентира върху значението на транзакционните разходи за икономическата ефективност. Според модела, смарт договорите намаляват или напълно премахват разходите, свързани с договарянето, мониторинга и изпълнението на договорните споразумения. В графиката наблюдаваме, че базовият сценарий (синя линия) предвижда умерен растеж на ефективността след 2022 г., което би могло да се интерпретира като частично внедряване на тези технологии, при което само част от стопанствата биха използвали техния потенциал. В същото време, оптимистичният сценарий (червена линия) демонстрира значително по-висока ефективност, което е в синхрон с хипотезата, че пълното и целенасочено внедряване на смарт договори може да трансформира аграрния сектор. Този сценарий от-

разява ползите от автоматизацията на процесите, минимизирането на човешките грешки и увеличаването на прозрачността. От друга страна, песимистичният сценарий (зелена линия) показва по-бавно нарастване на ефективността, което би могло да бъде обяснено с ограничения в адаптацията на стопанствата към новите технологии или с липсата на институционална подкрепа за тяхното внедряване.

На втората графика е илюстрирана динамиката на ефективността на разходите за договорната работа в земеделските стопанства, представяйки три сценария – базов, оптимистичен и песимистичен. След 2022 г. се наблюдават ясно изразени различия между сценариите, което позволява да се изследва влиянието на смарт договорите върху икономическата ефективност. Смарт договорите автоматизират процесите на договаряне, изпълнение и контрол на договорните отношения, като същевременно минимизират транзакционните разходи. Базовият сценарий (синя линия)



Фиг. 2. Резултати от стохастичния сценарниен модел на ефективността на разходите за преки вложения
Fig. 2. Results of the stochastic scenario model of cost-effectiveness for direct investments

Източник: Собствени изчисления по данни на система за събиране на счетоводни данни от земеделските стопанства в ЕС.

Source: Author by Farm Accountancy Data Network (FADN) in the EU.

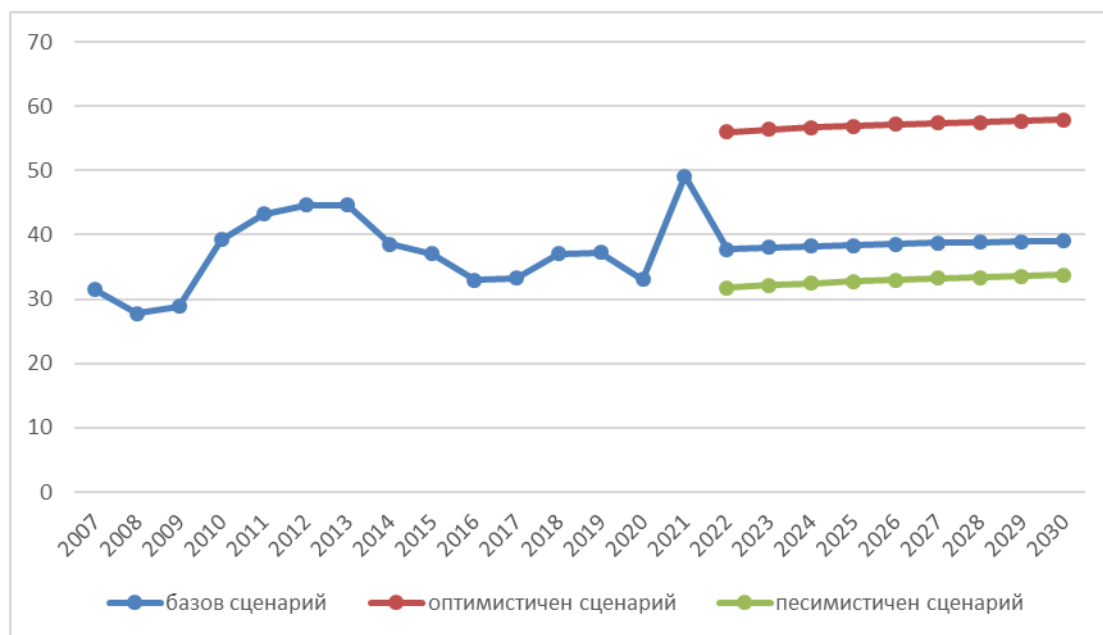
показва умерено, но устойчиво повишение на ефективността след 2022 г., което би могло да бъде обяснено с частично внедряване на смарт договори в практиката, без обаче да се достигне пълният потенциал на технологията. Това предполага, че част от стопанствата възприемат иновацията, но разпространението ѝ остава ограничено. Оптимистичният сценарий (червена линия) показва значително по-висока и стабилна ефективност, което отразява максималното въздействие на смарт договорите при пълното им интегриране в аграрната практика. В този случай се елиминират разходите за посредници, ускорява се обработката на транзакции и се минимизират човешките грешки, което води до значителни икономии и оптимизиране на процесите. От друга страна, песимистичният сценарий (зелена линия) демонстрира минимално нарастване на ефективността, което може да бъде обяснено с липса на внедряване на смарт договори или с институционални бариери пред технологичната адаптация. Графиката

предполага, че пълноценното използване на смарт договори може да бъде значим фактор за трансформацията на договорната работа и намаляване на транзакционните разходи.

На третата графика се проследява тенденцията на ефективността на разходите за обслужване на дълга в стопанството.

Базовият сценарий (синя линия) отразява стабилизиране на ефективността след 2022 г., достигайки плато, което предполага частично внедряване на смарт договори. Сравнително устойчивото ниво на ефективност показва, че дори ограниченото прилагане на смарт договори е в състояние да намали административните и транзакционните разходи, свързани с управлението на дългове.

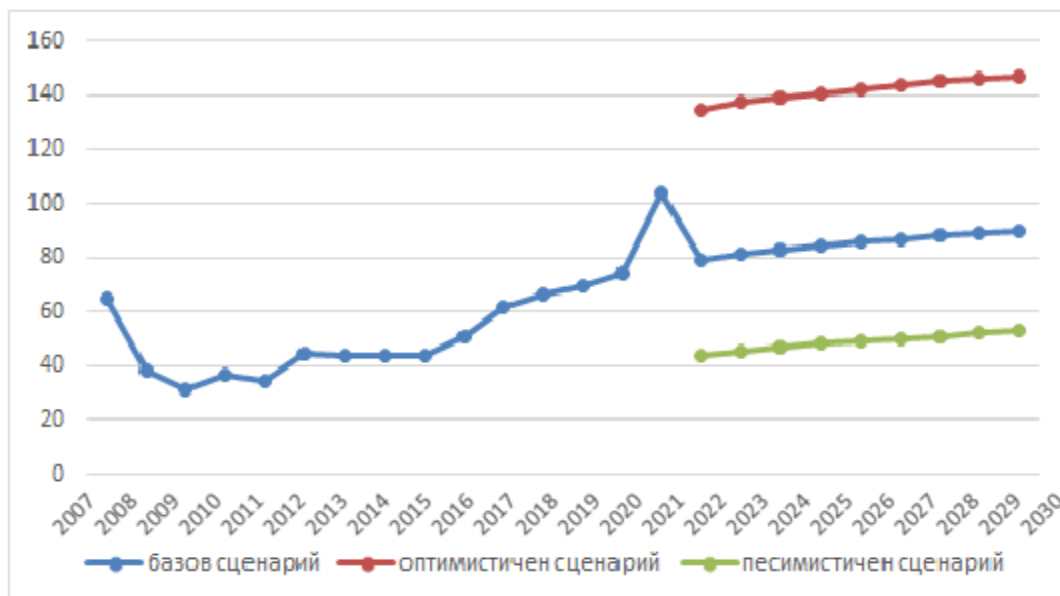
Оптимистичният сценарий (червена линия) показва значително по-висока ефективност, която остава стабилна и дългосрочно устойчива. Тази линия подкрепя тезата, че пълното внедряване на смарт договори би довело до трансформационни промени в управлението на дълговото финансиране. Това



Фиг. 3. Резултати от стохастичния сценарийен модел на ефективността на разходите за договорна работа
Fig. 3. Results of the stochastic scenario model of cost-effectiveness for contracted work

Източник: Собствени изчисления по данни на система за събиране на счетоводни данни от земеделските стопанства в ЕС.

Source: Author by Farm Accountancy Data Network (FADN) in the EU.



Фиг. 4. Резултати от стохастичния сценарийен модел на ефективността на разходите за обслужване на дълга

Fig. 4. Results of the stochastic scenario model of cost-effectiveness for debt servicing costs

Източник: Собствени изчисления по данни на система за събиране на счетоводни данни от земеделските стопанства в ЕС.

Source: Author by Farm Accountancy Data Network (FADN) in the EU.

значително намалява транзакционните разходи и осигурява по-ефективно използване на заемния капитал, което се изразява в по-високо съотношение между продукцията и лихвените плащания.

Песимистичният сценарий (зелена линия) демонстрира минимално нарастване на ефективността, което може да бъде резултат от липса на технологична адаптация, високи бариери за внедряване или нежелание на стопанствата да възприемат иновации. Тази линия илюстрира риска от ограничена рентабилност при традиционни модели на дългово финансиране, които остават обременени от значителни транзакционни разходи.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Статията разглежда НИЕ в контекста на веригите за създаване на стойност в земеделието, като акцентира върху потенциала на смарт договорите да редуцират транзакцион-

ните разходи и да повишат ефективността на земеделските стопанства.

В разработката се изследва еволюцията на аграрното управление (agro governance), подчертавайки значението на институционалните механизми за координация и управление на ресурсите в условия на висока несигурност. Смарт договорите, базирани на блокчейн технология, се представят като иновативен инструмент за автоматизиране на договорните отношения, което значително намалява разходите за договаряне, мониторинг и изпълнение. Чрез стохастични модели статията оценява въздействието на тези договори върху ключови показатели като ефективност на разходите за преки вложения, договорна работа и обслужване на дълга, представяйки три сценария – базов, оптимистичен и песимистичен. Оптимистичният сценарий показва значителни подобрения при пълно внедряване на смарт договорите, докато песимистичният разкрива ограничена ефективност при традиционни методи. Въпреки значителни-

те ползи, статията посочва ограничения като липсата на дигитална инфраструктура, ограничен достъп на фермерите до технологии и знания, и необходимостта от ясна регулаторна рамка. Научната значимост на статията се дължи на интердисциплинарния подход, който съчетава теоретични и емпирични модели с практическа приложимост, предоставяйки ценни насоки за модернизация на аграрния сектор. В заключение, изследването подчертава трансформационния потенциал на смарт договорите за намаляване на транзакционните разходи и оптимизация на процесите, но също така изисква подходящи институционални условия и подкрепа за пълното разгръщане на техните възможности.

БЛАГОДАРНОСТИ

Статията е подготвена с финансовата подкрепа на Фонд научни изследвания, проект „Механизми и форми на аграрното управление в България“, Административен договор № КП-06-Н56/5 от 11.11.2021 г. 13.12.2022 г.

ЛИТЕРАТУРА

- Amare, M., Zavale, H., & Smart, J. (2024). Agribusiness innovation, value chain interventions, farmer input use, agricultural productivity, land access and asset ownership. *European Review of Agricultural Economics*, jbae027. <https://doi.org/10.1093/erae/jbae027>
- Bachev, H. (2023). Podhod za definirane i analizirane na agrarnoto upravljenje (governance) [Approach for defining and analyzing agrarian governance]. *Ikonicheski i Sotsialni Alternativi*, 3, 5-25. Retrieved from <https://www.unwe.bg/doi/alternativi/2023.3/ISA.2023.3.01.pdf>
- Bachev, H., & Ivanov, B. (2024). Quality assessment of agrarian governance in Bulgaria. *Sustainability*, 16(5), Article 1234. <https://doi.org/10.3390/su16051234>
- Ballaji, N. (2024). Smart Contracts: Legal Implications in the Age of Automation. *Beijing Law Review*, 15, 1015-1032.
- Binti Man, N., Kadhim, Z. R., Abd Latif, I., & Seng, K. W. K. (2017). The role and importance of the transactions costs theory in agricultural contracting area: an appraisal of selected empirical studies. *IOSR Journal of Business and Management*, 19(1), 79-89. <https://doi.org/10.9790/487X-1901057989>
- Coase, R. H. (1937). The nature of the firm. *Economica*, 4(16), 386-405. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0335.1937.tb00002.x>
- Cong, L. W., & He, Z. (2019). Blockchain disruption and smart contracts. *The Review of Financial Studies*, 32(5), 1754-1797.
- Finocchiario, G., & Bompreszi, C. (2020). A legal analysis of the use of blockchain technology for the formation of smart legal contracts. *MEDIA LAWS*, 2020(2), 111-135.
- Ivanov, B. (2024). Stochastic modeling in production of oilseed crops in Bulgaria in the context of Green Deal. *Bulgarian Journal of Agricultural Economics and Management*, 69 (3).
- Kumar, P., Kumar, R., Gupta, G. P., Tripathi, R., Jolfaci, A., & Islam, A. N. (2023). A blockchain-orchestrated deep learning approach for secure data transmission in IoT-enabled healthcare system. *Journal of Parallel and Distributed Computing*, 172, 69-83. <https://doi.org/10.1016/j.jpdc.2022.10.002>
- Lekha, H. P., & Bhavya, B. M. (2022). Smart contract-based agricultural crop supply chain traceability. *International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology*, 9(7), 124-130.
- Libecap, G. D. (2014). Addressing global environmental externalities: Transaction costs considerations. *Journal of Economic Literature*, 52(2), 424-479. <https://doi.org/10.1257/jel.52.2.424>
- López Rodríguez, C. M. (2015). Enforcing contracts and resolving disputes in contract farming: how ADR can address the specificities of agricultural production contracts. *Uniform Law Review*, 20(2-3), 180-200.
- McMillan, J., & Woodruff, C. (1999). Interfirm relationships and informal credit in Vietnam. *The Quarterly Journal of Economics*, 114(4), 1285-1320. <https://doi.org/10.1162/003355399556278>
- Mikova, R. (2021). Perspectives for Bulgarian agriculture and rural areas in the context of the CAP 2021-2027 and the EU recovery plan. *Agricultural Academy*, 1-15. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/377187992_Perspectives_for_Bulgarian_agriculture_and_rural_areas_in_the_context_of_CAP_2021-2027_and_the_EU_recovery_plan
- Minarelli, F., Raggi, M., & Viaggi, D. (2015). Asymmetric information along the food supply chain: A review of the literature. *International Farming Systems Association Symposium*. Retrieved from <https://www.harper-adams.ac.uk/events/ifsa/papers/5/5.4%20Minarelli.pdf>
- North, D. C. (1991). Institutions. *Journal of Economic Perspectives*, 5(1), 97-112. <https://doi.org/10.1257/jep.5.1.97>

- Paniagua, P., & Rayamajhee, V.** (2024). On the nature and structure of externalities. *Public choice*, 201(3), 387-408. <https://doi.org/10.1007/s11127-023-01098-1>
- Szabo, N.** (1994). Smart Contracts. Retrieved from <https://nakamotoinstitute.org/library/smart-contracts/>
- Tomar, M., Bhardwaj, R., Kumar, M., Singh, S. P., Krishnan, V., Kansal, R., Verma, R., Yadav, V. K., Dahuja, A., Ahlawat, S. P., Chand Rana, J., Satya-vathi, C. T., Praveen, S., & Sachdev, A.** (2021). Development of NIR spectroscopy based prediction models for nutritional profiling of pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.)) R.Br: A chemometrics approach. *LWT*, 149, 111813. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111813>
- Williamson, O. E.** (1981). The economics of organization: The transaction cost approach. *American journal of sociology*, 87(3), 548-577. <https://doi.org/10.1086/227496>
- Yaga, D., Mell, P., Roby, N., & Scarfone, K.** (2019). Blockchain Technology Overview. National Institute of Standards and Technology, NISTIR 8202.
- Yuan, Y., & Sun, Y.** (2024). Practices, Challenges, and Future of Digital Transformation in Smallholder Agriculture: Insights from a Literature Review. *Agriculture; Basel*, 14(12).
- Zhang, C.** (2024). Enhancing Agricultural Credit Guarantees in China's Agricultural Value Chain Through Relationship Contracts: A Study on Risk Prevention Mechanisms. *Journal of the Knowledge Economy*, 1-20. <https://doi.org/10.1007/s13132-024-02003-x>
- Binariks.** (n.d.). Smart contracts in blockchain: Types, examples & best practices. Retrieved January 22, 2025, from <https://binariks.com/blog/smart-contracts-blockchain-examples/>

Постъпила – 20 януари 2024 г.; Одобрена – 10 февруари 2025 г.; Публикувана – юни 2025 г.