

# Gry z naturą jako narzędzie wspomagające podejmowanie decyzji ofertowych w przedsiębiorstwie budowlanym



mgr inż.

**ŁUKASZ RZEPECKI**

Politechnika Lubelska

Wydział Budownictwa i Architektury

ORCID: 0000-0002-1444-9007

Efektywne kształtowanie cen ofertowych wymaga szczegółowej analizy uwarunkowań i trendów obserwowanych na rynku budowlanym oraz planowanych zmian w prawodawstwie. Negatywne konsekwencje wzrostu cen zmuszają wykonawców do coraz szerszego uwzględniania ryzyka przy obliczaniu ceny ofertowej, co stanowi istotne zagadnienie wymagające wspomagania wiarygodnymi metodami.

**P**roblem ustalenia cen za roboty budowlane jest istotny zarówno dla inwestorów, jak i przedsiębiorstw wykonawczych. Z uwagi na ryzyko towarzyszące realizacji przedsięwzięć budowlanych niezasadne jest stosowanie w kosztorysach ofertowych średnich cen czynników produkcji i robót, zwłaszcza w okresach niepewnej i niestabilnej sytuacji rynkowej.

Szczególnie w przypadku stosowania systemu zaprojektuj i wybuduj, w którym od momentu zawarcia umowy z wykonawcą do realizacji przedsięwzięcia mija dużo czasu, uwzględnienie prognozowanych cen czynników produkcji budowlanej może mieć decydujący wpływ na pomyślną realizację inwestycji.

Negatywne konsekwencje wzrostu cen zmuszają wykonawców do coraz szerszego uwzględniania ryzyka przy podejmowaniu decyzji o cenie ofertowej, co stanowi istotne zagadnienie wymagające wspomagania wiarygodnymi metodami.

Przez decyzję należy rozumieć wynik wyboru mający prowadzić do określonego celu przez łańcuch połączonych ze sobą czynności, często określanych w literaturze jako proces podejmowania decyzji. W procesie tym decydent dokonuje świadomego wyboru jednego spośród kilku dostępnych, uznanych za możliwe do realizacji, wariantów działania czy rozwiązania danego problemu [1], [2]. Efektem zestawienia preferencji decydenta oraz różnych wariantów decyzyjnych jest znalezienie najlepszego rozwiązania, które w najlepszym stopniu spełni kryteria decyzyjne.

Problemy decyzyjne w budownictwie od zawsze znajdują się w kręgu zainteresowań badaczy [3]. Wiele metod wspomagających podejmowanie decyzji znalazło zastosowanie w przypadku wyboru wykonawcy robót budowlanych na podstawie poziomu relacji z firmą budowlaną [4], wyznaczenia możliwych strategii maksymalizacji osiągniętych zysków [5] czy też optymalizacji projektów budowlanych z uwagi na występujące czynniki ryzyka [6].

Teoria gier pozwala na matematyczne modelowanie i rozwiązanie sytuacji konfliktowych w zarządzaniu przedsięwzięciami budowlanymi. Grzyl i in. [7] zastosowali teorię gier do wskazania najlepszej strategii, prowadzącej do wygrania postępowania sądowego w sytuacji konfliktu generalnego wykonawcy robót budowlanych z inwestorem. Na podstawie opracowanego modelu gry obliczono oczekiwane zyski dla graczy i wyznaczono wartość prawdopodobieństwa wygrania sporu, które pozwoliły generalnemu wykonawcy wybrać najlepszą strategię.

Anysz [8] zaproponował eksperyment, w którym teoria gier wykorzystywana jest do prowadzenia negocjacji. Jak wykazano, sukces w negocjacjach podwykonawczych w budownictwie jest uzależniony m.in. od bezpośredniego określenia potrzeb przez negocjujące strony. Dzięki teorii gier stworzono model, w którym ani limity cenowe, ani koszty bezpośrednie, ani wartość oferty generalnego wykonawcy nie są ujawniane.

Zhang i Ma [9] wykorzystali teorię gier do zbadania przyczyn niepowodzenia regulacji cen nieruchomości w Chinach. Przeprowadzona analiza strategiczna interakcji między samorządem lokalnym a deweloperem wykazała, że bierny udział deweloperów prowadzi do niepowodzenia regulacji. Zaproponowano mechanizm nagród i kar mający zachęcić deweloperów do aktywnego wdrażania polityki regulacyjnej.

W konsekwencji celem niniejszego artykułu było wskazanie możliwości zastosowania teorii gier z naturą do wspomagania podjęcia decyzji związanej z ustaleniem oferty cenowej na realizację robót budowlanych, zapewniającej osiągnięcie jak największego zysku przez wykonawcę robót. W warunkach niestabilnej sytuacji rynkowej wykonawca, bazując na prognozowanych cenach jednostkowych wyrobów budowlanych i robocizny, przy wykorzystaniu teorii gier jest w stanie określić cenę oferty, przy której będą zminimalizowane ewentualne straty związane ze wzrostem cen. Przykład ilustruje korzyści płynące z zastosowania proponowanego podejścia w zakresie ograniczenia niepewności związanej ze wzrostem cen czynników produkcji. Zaprezentowany w niniejszym artykule przykład gry z naturą stanowi propozycję rozwiązania problemu w zakresie podejmowania decyzji związanej z wyborem optymalnego wariantu oferty cenowej na realizację robót budowlanych.

## Metoda

Jednym z narzędzi wspomagania podejmowania decyzji, które znajduje zastosowanie w zaprezentowanym problemie badawczym, jest teoria gier z naturą. Przez to pojęcie należy rozumieć model sytuacji konfliktowej przedstawiony liczbowo w postaci funkcji wygranej lub przegranej (straty) poszczególnych stron (graczy), w którym strony konfliktu zainteresowane są realizacją rozbieżnych celów. Strony mają określone strategie i w zależności od podjętej przez nich decyzji uzyskiwany jest wynik gry [10, 11].

W grze z naturą jednym z graczy jest osoba lub instytucja pełniąca funkcję decydenta, natomiast drugim graczem jest natura, przez którą rozumie się różnorodne warunki oddziaływujące na rezultaty podjętych decyzji, np. niestabilizowane ceny wyrobów budowlanych, które wpływają na zysk wykonawcy i determinują wybór technologii realizacji poszczególnych procesów budowlanych. Dodatkowo należy zauważyć, że natura jest graczem biernym, któremu nie zależy na wygranej.

Zbiór możliwych decyzji będących strategiami jednostki podejmującej decyzję oznacza się jako:

$$D = \{d_1, d_2, \dots, d_i\}, \quad (1)$$

natomiast strategię natury (kształtujące warunki działalności), nieznane w momencie podejmowania decyzji, następująco:

$$W = \{w_1, w_2, \dots, w_j\} \quad (2)$$

W celu rozstrzygnięcia gry z naturą należy określić funkcję straty decydenta  $L(d_i, w_j)$ , oznaczającą stratę, jaka zostanie poniesiona w wyniku wyboru strategii  $d_i$ , przy zaistniałym stanie natury  $w_j$ , bądź funkcję efektywności decyzji  $V(d_i, w_j)$  oznaczającą wygraną decydenta, która niesie korzyść z podjęcia decyzji  $d_i$ , przy zaistniałym stanie natury  $w_j$ .

Stosując gry z naturą do rozwiązania problemu, należy przyjąć określone kryteria pozwalające na wybór optymalnej decyzji, podejmowanej w warunkach niepewności zaistnienia przyszłych stanów natury, dla określonej sytuacji decyzyjnej. Metoda rozwiązania gry z naturą wymaga zatem wyboru jednego z możliwych kryteriów decyzyjnych, dostosowanych do preferencji decydenta.

Według kryterium Walda (kryterium minimaksowe), na podstawie funkcji straty, optymalna decyzja odpowiada najmniejszej wartości maksymalnej straty. Natomiast przy zastosowaniu funkcji efektywności optymalna jest decyzja, która maksymalizuje najmniejszą wartość funkcji efektywności.

W przypadku kryterium Hurwicza przyjmowany jest parametr  $\alpha$  określający stopień pesymizmu (oczekiwanie dotyczące realizacji danego stanu natury) w stosunku do możliwych zaistnień przyszłych stanów natury. Kryterium to umożliwia podjęcie decyzji, która minimalizuje średnią ważoną najmniejszej i największej straty.

Optymalna decyzja według kryterium Bayesa-Laplace'a odpowiada minimalnej wartości oczekiwanej funkcji straty, z tą różnicą, że poszczególne stany natury zachodzą ze znanymi prawdopodobieństwami  $p_j$ . W rezultacie kryterium to umożliwia uzyskanie wyników najbardziej zbliżonych do rzeczywistości.

## Przykład obliczeniowy

W przykładzie obliczeniowym rozpatrywana jest sytuacja, w której wykonawca robót budowlanych rozważa wzięcie udziału w postępowaniu przetargowym dotyczącym realizacji stanu surowego budynku przedszkola w technologii tradycyjnej. Wykonawca, składając swoją ofertę, musi liczyć się ze wzrostem cen wyrobów budowlanych, a także stawki robocizny, powodowanych m.in. wysokimi cenami energii, surowców, inflacją i wzrostem płacy minimalnej.

Z uwagi na niepewną sytuację gospodarczą wykonawca przygotowujący ofertę powinien wziąć pod uwagę różne scenariusze wzrostu cen wyrobów i stawki robocizny: np. pesymistyczny, optymistyczny i najbardziej prawdopodobny. Scenariusz pesymistyczny wystąpi wówczas, gdy cena wrośnie zgodnie z przewidzianą prognozą powiększoną o błąd ex post prognozy. Sytuacja optymistyczna zajdzie wtedy, gdy ceny wzrosną zgodnie z prognozą pomniejszoną o błąd ex post prognozy. Natomiast scenariusz najbardziej prawdopodobny wiąże się ze wzrostem cen o wartość przewidzianą prognozą. Wartości procentowe prognoz oraz ich błędy ex post w przykładzie zostały ustalone na podstawie raportów rynkowych przygotowywanych przez polskie instytucje publikujące informacje o cenach w budownictwie (SEKOCENBUD, GUS). Zestawienie prognoz i błędów ex post przedstawiono w tab. 1.

Wartość oferty można przedstawić jako sumę kosztu wykonania robót i zysku oferenta. Zgodnie ze sposobem prezentacji kosztorysów w przetargach publicznych obowiązujących w Polsce na koszt wykonania robót składają koszty bezpośrednie i koszty pośrednie. Koszty pośrednie najczęściej są określane wskaźnikowo, jako procent sumy kosztów robocizny i pracy sprzętu. Na koszty bezpośrednie składają się koszty robocizny, koszty materiałów oraz koszty pracy maszyn. Koszty materiałów są sumą iloczynów ilości robót, norm kosztorysowych zużycia materiałów i ich cen jednostkowych.

**Tab. 1. Zestawienie prognoz i błędów ex post cen wyrobów budowlanych i stawki robocizny poddanych analizie**

	Prognoza (%)	Błąd ex post (%)
Stawka robocizny	9,8	1,996
Materiały budowlane	2,7	0,988



Tab. 2. Wartość oczekiwana zysku pomniejszona o stratę wynikającą ze wzrostu cen dla różnych decyzji i stanów natury

	d1	d2	d3	d4	d5	d6	d7	d8	d9
w1	174 821,88	191 959,01	205 183,93	196 112,36	159 751,38	104 837,31	50 844,69	16 767,45	3 506,10
w2	131 354,11	148 887,51	163 238,02	162 073,28	133 969,50	89 027,47	43 649,03	14 532,06	3 064,29
w3	87 886,34	105 816,01	121 292,10	128 034,19	108 187,62	73 217,64	36 453,37	12 296,67	2 622,48
w4	171 646,99	188 813,06	202 120,20	193 626,14	157 868,26	103 682,56	50 319,11	16 604,17	3 473,83
w5	128 179,22	145 741,56	160 174,28	159 587,06	132 086,39	87 872,72	43 123,46	14 368,78	3 032,02
w6	84 711,45	102 670,06	118 228,37	125 547,97	106 304,51	72 062,88	35 927,80	12 133,39	2 590,21
w7	168 472,09	185 667,11	199 056,46	191 139,92	155 985,15	102 527,80	49 793,54	16 440,90	3 441,56
w8	125 004,32	142 595,61	157 110,54	157 100,84	130 203,27	86 717,97	42 597,88	14 205,51	2 999,75
w9	81 536,56	99 524,11	115 164,63	123 061,75	104 421,40	70 908,13	35 402,23	11 970,12	2 557,94

Zysk, zgodnie z polskimi zasadami kosztorysowania oraz praktyką budowlaną, najczęściej określa się jako iloczyn wskaźnika narzutu (tzw. stopy) zysku oraz sumy kosztów robocizny, pracy sprzętu i kosztów pośrednich. Takie podejście jest stosowane również w raportach rynkowych przygotowywanych przez polskie instytucje publikujące informacje o cenach budowlanych.

Wysoka cena oferty (określona przy zastosowaniu dużej wartości wskaźnika narzutu zysku) zmniejsza prawdopodobieństwo wygrania przetargu. Niska cena oferty zwiększa szanse wygrania przetargu. Oczekiwany zysk można zdefiniować jako iloczyn narzutu wykonawcy oraz prawdopodobieństwa wygranej w przetargu. W artykule [13] autorzy, bazując na modelu Friedmana [12], przedstawili algorytm pozwalający na określenie wartości stopy zysku zapewniającej maksymalizację wartości oczekiwanej zysku. W przykładzie optymalną wartość stopy zysku oszacowano na poziomie 12,5%. Krzywą prawdopodobieństwa przyjęto w oparciu o wyniki badań uzyskane w pracy [13].

Uwzględnienie rzeczywistych cen wyrobów budowlanych pozwala oszacować stratę wynikającą z różnicy cen przyjętych w momencie przygotowywania oferty oraz cen, które obowiązywać będą w momencie rozpoczęcia realizacji inwestycji. W praktyce w kalkulacjach kosztorysowych przyjmuje się ceny czynników produkcji na poziomie średnim bądź najbardziej prawdopodobnym według prognoz. W ten sposób oferent przygotowujący kalkulację kosztorysową ryzyko związane z niepewną sytuacją na rynku materiałów budowlanych uwzględnia, jedynie ustalając wartość wskaźnika narzutu zysku. Całkowity zysk można wyznaczyć w następujący sposób:

$$Z(d_i, w_j) = z_i(d_i) + k_i^M - \hat{k}_i^M(w_j) + k_i^R - \hat{k}_i^R(w_j), \quad (3)$$

gdzie:  $z_i(d_j)$  – zysk wyznaczony w momencie opracowania oferty,  $k_i^M$  – koszt materiałów budowlanych przyjęty w momencie opracowania oferty,  $k_i^R$  – koszt robocizny przyjęty w momencie opracowania oferty,  $k_i^M$  – rzeczywisty koszt materiałów budowlanych,  $k_i^R$  – rzeczywisty koszt robocizny.

Podejście bazujące na oszacowaniu prawdopodobieństwa wygrania przetargu i maksymalizacji wartości oczekiwanej zysku nie uwzględnia jednak ryzyka związanego ze wzrostem cen czynników produkcji.

Teoria gier z naturą pozwala ustalić decyzję, która np. minimalizuje maksymalną stratę związaną ze wzrostem cen materiałów i stawki robocizny przy różnych stanach natury, którym odpowiadać będzie sytuacja na rynku budowlanym i różny poziom cen czynników produkcji. Stany natury określono na podstawie trzech scenariuszy (optymistyczny, pesymistyczny i najbardziej prawdopodobny) wzrostu cen materiałów budowlanych oraz stawki robocizny. W celu określenia liczby wszystkich możliwych scenariuszy zaistnienia różnych

poziomów cen materiałów budowlanych i stawki robocizny wyznaczono iloczyn dwóch 3-elementowych zbiorów:

$X \times Y = \{(x_n, y_n) : x_n \in X, y_n \in Y, n=1,2,3; X=\{x_1, x_2, x_3\}, Y=\{y_1, y_2, y_3\}\}$  gdzie:  $x$  – wzrost cen materiałów budowlanych,  $y$  – wzrost stawki robocizny, 1 – scenariusz optymistyczny, 2 – scenariusz pesymistyczny, 3 – scenariusz najbardziej prawdopodobny.

W rezultacie uzyskano zbiór 9 uporządkowanych trójek prognozowanych cen odzwierciedlających liczbę stanów natury:  $W = \{w_1, w_2, \dots, w_9\}$ ,  $s_j = (x_n, y_n)$ ,  $j = 1, 2, \dots, 9$ ,  $n = 1, 2, 3$ .

Strategie decydena, zaprezentowane w tab. 2., odzwierciedlają poziomy wskaźnik zysku:  $D = \{d_1, d_2, \dots, d_i\}$ ,  $d_i = \{12\%, 13\%, \dots, 20\%\}$ ,  $m = 1, 2, \dots, 9$ . Zakres zmienności stopy zysku przyjęto na podstawie danych z publikatorów cenowych, tak aby po uwzględnieniu możliwych zmian cen czynników produkcji i prawdopodobieństwa wygrania przetargu wartość oczekiwana zysku pomniejszona o stratę wynikającą ze wzrostu cen przyjmowała wartości dodatnie.

W celu wyboru optymalnej decyzji zastosowano kryterium Bayesa-Laplace'a. Wartości prawdopodobieństw, z jakimi zachodzą poszczególne stany natury, ustalono na podstawie prognoz prezentowanych w literaturze i ocen ekspertów. W pierwszej kolejności obliczana jest wartość oczekiwana zysków odpowiadających poszczególnym decyzjom:

$$E(d_i) = \sum_{j=1}^n p_j w_j \quad (4)$$

Optymalną decyzją według kryterium Bayesa-Laplace'a jest decyzja odpowiadająca maksymalnej z obliczonych sum:

$$\max E(d_i) = 161\,790,84, \quad (5)$$

czyli decyzją optymalną jest strategia d3 z zyskiem na poziomie 14%.

Stosując kryterium bardziej ostrożne, preferujące minimalizację ryzyka (kryterium Walda), wykonawca powinien zdecydować się na strategię d4 ze stopą zysku równą 15%. Natomiast przy zastosowaniu kryterium Hurwicza optymalna decyzja uzależniona jest od wartości przyjętego stopnia pesymizmu:

- dla zakresu wartości  $0 < a < 0,45$  – decyzją optymalną jest strategia d4;
- dla zakresu wartości  $0,45 < a < 1$  – decyzją optymalną jest strategia d3.

### Podsumowanie

Efektywne kształtowanie cen ofertowych wymaga szczegółowej analizy uwarunkowań i trendów obserwowanych na rynku budowlanym oraz planowanych zmian w prawodawstwie. Przeprowadzone badania potwierdziły możliwość zastosowania zaproponowanej metody wspomagania podejmowania decyzji poprzez wskazanie optymalnej strategii ograniczającej straty finansowe w czasach niepewnej

sytuacji gospodarczej. Zastosowanie teorii gier pozwala na łatwiejsze i skuteczniejsze określanie strategii cenowych przez praktyków i inżynierów w branży budowlanej.

Należy jednak pamiętać, że uzyskiwane wyniki analiz zależą od prognozowanych wartości cen materiałów budowlanych i stawki robocizny. W przypadku zmiany założeń może pojawić się nowe, korzystniejsze rozwiązanie niż uzyskane w analizowanym przykładzie.

Na kolejnych etapach badań możliwa będzie aplikacja zaproponowanej metody w praktyce w celu potwierdzenia jej skuteczności.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Stabryta A., Trzcieniecki J. (red.) (1986). Organizacja i zarządzanie. Zarys problematyki, Akademia Ekonomiczna w Krakowie, Kraków.
- [2] Penc, J. (1995). Decyzje w zarządzaniu. Wydawnictwo Profesjonalnej Szkoły Biznesu, Warszawa.
- [3] Xingyu Z., Xianhai M., Min Z. (2021). Application of multiple criteria decision making methods in construction: A systematic literature review. „Journal of Civil Engineering and Management” 27, 6, 372–403. <https://doi.org/10.3846/jcem.2021.15260>.
- [4] Radziszewska-Zielina E. (2016). The Application of Multi-Criteria Analysis in the Evaluation of Partnering Relations and the Selection of a Construction Company for the Purposes of Cooperation. „Archives of Civil Engineering” 62, 2, 167–182. <https://doi.org/10.1515/ace-2015-0072>.
- [5] Shengfei L., Dalin Z. (2024). Strategic Choices of General Contractors in the Context of China's Industry Chain of Construction Industrialization. „Sustainability” 16, 15. <https://doi.org/10.3390/su16156511>.
- [6] Radziszewska-Zielina E., Adamkiewicz D., Schwczyk B., Kania O. (2022). Decision-Making Support for Housing Projects in Post-Industrial Areas. „Sustainability” 14, 6, 3573. <https://doi.org/10.3390/su14063573>.
- [7] Grzyl B., Apollo M., Kristowski A. (2019). Application of Game Theory to Conflict Management in a Construction Contract. „Sustainability” 11, 7. <https://doi.org/10.3390/su11071983>.
- [8] Anysz H. (2019). Modelling negotiations of construction subcontract based on a game theory – Results of an experiment. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/603/3/032005>.
- [9] Ranran Z., Weimin M. (2020). Assessing the Role of Reward and Punishment Mechanism in House Price Regulation in China: A Game-Theoretic Approach. „Journal of Urban Planning and Development” 146, 3, 04020030. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)UP.1943-5444.0000602](https://doi.org/10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000602).
- [10] Papadimitriou Ch. (1985). Games against nature. „Journal of Computer and System Sciences” 31, 288–301. [https://doi.org/10.1016/0022-0000\(85\)90045-5](https://doi.org/10.1016/0022-0000(85)90045-5).
- [11] Von Neumann J., Morgenstern O. (1944). Theory of games and economic behavior. Princeton University Press.
- [12] Friedman L. (1956). A Competitive-Bidding Strategy. Operations Research 4, 1, 104–112.
- [13] Jaśkowski P., Biruk S., Czarnigowska A. (2019). Strategy for Mark-up Definition in Competitive Tenders for Construction Work. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 471, 112060. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/471/11/112060>.

DOI: 10.5604/01.3001.0054.8467

## PRAWIDŁOWY SPOSÓB CYTOWANIA

Rzepecki Łukasz, 2024, Gry z naturą jako narzędzie wspomagające podejmowanie decyzji ofertowych w przedsiębiorstwie budowlanym, „Builder” 12 (329). DOI: 10.5604/01.3001.0054.8467

## STRESZCZENIE:

Efektywne kształtowanie cen ofertowych wymaga szczegółowej analizy uwarunkowań i trendów obserwowanych na rynku budowlanym oraz planowanych zmian w prawodawstwie. Negatywne konsekwencje wzrostu cen zmuszają wykonawców do coraz szerszego uwzględniania ryzyka przy obliczaniu ceny ofertowej, co stanowi istotne zagadnienie wymagające wspomagania wiarygodnymi metodami.

Celem niniejszego artykułu było zastosowanie teorii gier z naturą do wspomagania podejmowania decyzji związanej z ustaleniem ceny ofertowej na roboty budowlane, a w szczególności wartości wskaźnika narzutu zysku. W warunkach niestabilnej sytuacji rynkowej wykonawca, bazując na prognozowanych cenach jednostkowych wyrobów budowlanych, przy wykorzystaniu teorii gier, może określić cenę oferty, przy której będzie zminimalizowane ryzyko wystąpienia straty związanej ze wzrostem cen czynników produkcji.

Zaprezentowany w niniejszym artykule przykład zastosowania teorii gier z naturą stanowi propozycję podejścia do wspomagania podejmowania decyzji związanej z wyborem wariantu kosztorysu ofertowego na roboty budowlane i sposobu uwzględniania ryzyka przy podejmowaniu decyzji finansowych w przedsiębiorstwie budowlanym.

## SŁOWA KLUCZOWE:

kosztorysowanie robót budowlanych, metody podejmowania decyzji, prognozy cenowe w budownictwie, teoria gier

## ABSTRACT:

### SUPPORTING THE FINANCIAL DECISIONS OF CONSTRUCTION COMPANY USING GAME AGAINST NATURE.

Effective bid price formation requires detailed analysis of conditions and trends observed in the construction market and planned changes in legislation. The negative consequences of price increases are forcing contractors to increasingly take risk into account when calculating the bid price, an important issue that requires support by reliable methods.

This study aimed to utilize game theory under conditions of uncertainty to determine the optimal bid cost estimate for construction projects. In an unstable market, game theory enables contractors to assess projected unit prices for construction products and establish a bid price that minimizes potential losses associated with price fluctuations.

The example of a game against nature presented in this paper offers an alternative approach to decision-making in selecting the optimal bid cost estimate for construction projects, with broad potential applications. This study contributes to the ongoing scientific and practical discourse on incorporating risk considerations into financial decision-making within construction companies.

## KEYWORDS:

construction price predictions, construction project estimating, decision making methods, game theory