

Kinga Kądziołka

ORCID: 0000-0001-9506-3044

e-mail: kinga.kadziolka@vp.pl

Akademia WSB w Dąbrowie Górniczej

<https://doi.org/10.26366/PTE.ZG.2021.201>

Open Access CC BY 4.0



Cytowanie: Kądziołka, K. (2021). Propozycja miernika oceny poprawności metod porządkowania liniowego. *Zeszyty Naukowe Polskiego Towarzystwa Ekonomicznego w Zielonej Górze*, 15, s. 19-33. DOI: 10.26366/PTE.ZG.2021.201.

Propozycja miernika oceny poprawności metod porządkowania liniowego

Abstrakt

W pracy zaproponowano modyfikację procedury wyznaczania agregatowego miernika oceny poprawności metod porządkowania liniowego. Zaproponowane rozwiązanie uwzględnia zakresy zmienności i znaki wartości mierników cząstkowych wchodzących w skład miernika agregatowego oraz charakter mierników cząstkowych (stymulanta/destymulanta). Dostępne w literaturze propozycje mierników agregatowych oceny poprawności metod porządkowania liniowego, wykorzystujące pierwiastek sumy kwadratów wartości mierników cząstkowych, mogą prowadzić do błędnej oceny analizowanych metod w sytuacji, gdy wartości mierników cząstkowych są ujemne. Po podniesieniu ich do kwadratu kolejność uporządkowania obiektów może ulec zmianie. Ponadto różne zakresy zmienności wartości mierników cząstkowych mogą powodować większy wpływ niektórych mierników cząstkowych niż innych na finalną ocenę analizowanych metod porządkowania liniowego. Proponowana modyfikacja konstrukcji miernika agregatowego pozwala na wyeliminowanie wspomnianych problemów.

Słowa kluczowe: giełdy krypto walut; ocena poprawności metod porządkowania liniowego; miernik agregatowy

A proposal of a measure for assessing the correctness of linear ordering methods

Abstract

There was proposed a modification of the procedure for determining the aggregate measure to assess the correctness of linear ordering methods. The proposed solution takes into account variability and signs of the values of partial measures and their character (stimulant/destimulant). Proposals of aggregate measures assessing the correctness of linear ordering methods, that are available in the literature, use the root sum of squares of the values of partial measures. It can lead to false results in the situation where the values of partial measures are negative numbers. By squaring them, the ordering of objects (here: taxonomic measures) may change. Moreover, different ranges of variability of values of partial measures may lead to the situation, that some of them have greater impact on the final evaluation of the analyzed linear ordering methods than others. The proposed modification of the aggregate measure allows for the elimination of the mentioned problems.

Keywords: cryptocurrency exchanges; correctness of linear ordering methods; aggregate measure

JEL: C02, C38, C63, G00

Wprowadzenie

Problematyka poruszana w artykule dotyczy oceny poprawności metod porządkowania liniowego obiektów charakteryzowanych za pomocą wielu cech diagnostycznych. Podstawę w tego typu metodach stanowi tzw. zmienna syntetyczna¹, będąca wynikiem odpowiedniego przekształcenia zmiennych diagnostycznych (Wydymus, 1984, s. 188). Mierniki taksonomiczne są powszechnie stosowane m.in. w różnych obszarach ekonomii i finansów, jak np. ocena rozwoju społeczno-ekonomicznego regionów, analizy rynku pracy, wycena nieruchomości, tworzenie rankingów funduszy inwestycyjnych, giełd, banków, analiza portfelowa (Kompa i Witkowska, 2014; Kuc-Czarnecka, 2019; Łuniewska i Tarczyński, 2006; Miłek, 2018; Tarczyński, 2013, 2014; Zielińska-Sitkiewicz, 2015). Metody konstrukcji mierników taksonomicznych można podzielić na metody bezwzorcowe i wykorzystujące tzw. wzorzec rozwoju. Wybrane metody porządkowania liniowego przedstawiają m. in. Kukuła i Luty (2018). Brak jest jednej, uniwersalnej metody tworzenia zmiennej syntetycznej, a różne metody mogą prowadzić do uzyskiwania różnych rankingów. Pojawiają się więc pytania: który wynik porządkowania liniowego należy wybrać jako finalne rozwiązanie problemu liniowego uporządkowania obiektów i na podstawie jakich kryteriów należy tego wyboru dokonać?

W literaturze przedmiotu są dostępne propozycje agregatowych mierników oceny poprawności metod porządkowania liniowego. Miernik taki wykorzystali m. in.: Bąk (2018), Trojanowska i Nęcka (2020) oraz Sompolska-Rzechuła (2020, 2021). Wspomniani autorzy proponują konstrukcję miernika agregatowego będącego pierwiastkiem sumy kwadratów wartości mierników cząstkowych odnoszących się do różnych aspektów poprawności metod porządkowania liniowego. Jednakże istniejące rozwiązanie posiada pewne wady, mogące wpływać na uzyskiwanie niepoprawnych rankingów ocenianych zmiennych syntetycznych. Wartości niektórych z wykorzystywanych mierników cząstkowych mogą być ujemne, co po podniesieniu do kwadratu może wpływać na odwrócenie kolejności uporządkowania obiektów. Ponadto wartości mierników cząstkowych nie są ograniczone do pewnego (tego samego) przedziału, np. $[0, 1]$, co może powodować większy wpływ danego miernika cząstkowego na finalny ranking niż pozostałych mierników.

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie propozycji modyfikacji sposobu wyznaczania agregatowego miernika oceny poprawności metod porządkowania liniowego, umożliwiającej zniwelowanie wspomnianych problemów związanych z istniejącym rozwiązaniem. Propozycja procedury wyznaczania agregatowego miernika oceny poprawności metod porządkowania

¹ Zmienna syntetyczna nazywana też jest w literaturze miernikiem taksonomicznym.

liniowego zostanie zaprezentowana na przykładzie oceny taksonomicznych mierników atrakcyjności giełd kryptowalut. Kryptowaluty stanowią nową formę inwestycji alternatywnych, a zainteresowanie nimi szczególnie wzrosło w okresie pandemii (Kądziołka, 2021a). Z inwestycjami w kryptowaluty związane są różnego rodzaju zagrożenia, dotyczące nie tylko większej zmienności kursu niż w przypadku walut tradycyjnych, ale też np. ryzyko płynności, zagrożenia z cyberprzestrzeni czy ryzyko upadku giełdy (Albrecht, Duffin, Hawkins, i Morales Rocha, 2019; Gandal, Hamrick, Moore, i Oberman, 2018; Kądziołka, 2015, 2017; Moore i Christin, 2013). W związku z tym ocena takich giełd z uwzględnieniem różnych aspektów ich funkcjonowania wydaje się istotnym zagadnieniem. Tematyka zastosowania metod ilościowych do oceny giełd kryptowalut nie jest jak dotąd zbyt popularna. Idea wykorzystania metod wielowymiarowej analizy porównawczej w obszarze walut kryptograficznych została zaproponowana w pracy Kądziołki (2016), jednak wówczas inwestycje dotyczyły głównie kryptowaluty bitcoin i dostępnych było mniej charakterystyk opisujących giełdy niż obecnie. Zagadnienie to podjęto również w pracy Kądziołki (2021b), gdzie uwzględniono w ocenie giełd kryptowalut niedostępne wcześniej zmienne dotyczące m. in. płynności, bezpieczeństwa i monitorowania transakcji, jakości świadczonych usług, popularności giełd². Z kolei w pracy Kądziołki (2021a) dokonano porównania rezultatów oceny wielowymiarowej i wielokryterialnej giełd kryptowalut, stwierdzając dużą zgodność ich uporządkowania przy wykorzystaniu obu podejść. Ponadto w zakresie oceny giełd kryptowalut Schueffel i Groeneweg (2019) przedstawili koncepcję systemu skoringowego, jednak nie zastosowali go w praktyce do utworzenia rankingu funkcjonujących giełd.

Prezentowane w niniejszym artykule wyniki uzyskano z wykorzystaniem darmowego programu R i ogólnodostępnych danych publikowanych na portalach www.coingecko.com, www.coinmarketcap.com, www.cryptocompare.com.

² W pracach Kukuły i Luty (2015) oraz Kądziołki (2021a) zaproponowano inne niż agregatowy miernik poprawności podejście do wyboru finalnego miernika taksonomicznego, spośród wielu mierników, które są akceptowane przez badacza. Kukuła i Luty (2015) zaproponowali wybór miernika, dla którego zdefiniowana przez nich funkcja podobieństwa rankingów przyjmuje wartość maksymalną. Kądziołka (2021a) zaproponowała dwuetapową procedurę wyboru finalnego miernika w oparciu o podobieństwo uzyskiwanych rankingów oraz zdolności dyskryminacyjne miernika.

Dane i metody

W prezentowanym przykładzie konstruując mierniki taksonomiczne uwzględniono następujące 6 zmiennych diagnostycznych dotyczących giełd kryptowalut³:

- wskaźnik *Security Rank*, mierzący poziom zabezpieczeń giełdy na zagrożenia z cyberprzestrzeni (x_1);
- wskaźnik płynności (x_2);
- liczba różnych walut, które można nabyć/sprzedać na giełdzie (x_3);
- wskaźnik jakości świadczonych usług (x_4);
- KYC/Ryzyko transakcji (x_5);
- czas funkcjonowania giełdy (x_6).

Wskaźnik *Security Rank* dotyczy oceny poziomu zabezpieczeń giełdy przeciw zagrożeniom z cyberprzestrzeni. Wyznaczany jest dla giełd kryptowalut na platformie cer.live. Wskaźnik ten jest pewnym miernikiem agregatowym, oceniającym podatność użytkowników i serwerów na zagrożenia z cyberprzestrzeni⁴. Im wyższa wartość wskaźnika, tym wyższy poziom zabezpieczeń giełdy na zagrożenia z cyberprzestrzeni.

Wskaźnik płynności wyznaczany jest przez portal coinmarketcap.com. Wskaźnik ten jest również pewnym miernikiem agregatowym i uwzględnia różne zmienne zawarte w tzw. księdze zamówień (ang. *order book*), jak np. wielkość zamówienia czy odległość od średniej ceny⁵. Im wyższa wartość tego wskaźnika, tym wyższa płynność giełdy walut kryptograficznych, rozumiana tu jako możliwość szybkiej sprzedaży lub kupna kryptowaluty po cenie zbliżonej do rynkowej.

Wskaźnik jakości świadczonych usług oraz wskaźnik dotyczący implementacji procedur KYC (ang. *Know Your Customer*) i ryzyka transakcji wyznaczane są przez portal cryptocompare.com. Wartość pierwszego powstaje przez zsumowanie punktów przyznanych w ramach różnych kategorii dotyczących jakości świadczonych usług przez platformę giełdową, jak np. średni czas odpowiedzi aplikacji (ms) czy gromadzenie i udostępnianie danych historycznych. Wartość drugiego jest wyznaczana przez zsumowanie punktów przyznanych w ramach różnych kategorii dotyczących obszaru związanego z przeciwdziałaniem praniu

³ Ocenie poddano 80 giełd, dla których dostępne były wartości wszystkich rozważanych zmiennych. Zmienne x_1 – x_5 zostały również scharakteryzowane i wykorzystane w pracach Kądziołki (2021a, 2021b).

⁴ Szczegóły dotyczące metodologii: („CyberSecurity Score”, b.d.).

⁵ Szczegółowe informacje na temat tego wskaźnika: (Jay, 2020).

pieniędzy, jak np. identyfikacja użytkowników, monitorowanie transakcji i identyfikacja podejrzanych transakcji⁶.

W niniejszej pracy rozważane będą mierniki taksonomiczne postaci⁷:

$$TM = \sum_{j=1}^m w_j z_{ij},$$

gdzie w_j jest wagą j – tej zmiennej diagnostycznej, $\sum_{j=1}^m w_j = 1$, $w_j > 0$, $j = 1, \dots, m$, z_{ij} – wartość j -tej zmiennej (przekształconej do postaci stymulanty⁸ i po normalizacji) dla i – tego obiektu, $i = 1, \dots, n$. W przypadku stymulant dokonuje się transformacji wg wzoru: $z_{ij} = \frac{x_{ij} - \min_i\{x_{ij}\}}{\max_i\{x_{ij}\} - \min_i\{x_{ij}\}}$.

W przypadku destymulant wykorzystywana jest formuła: $z_{ij} = \frac{\max_i\{x_{ij}\} - x_{ij}}{\max_i\{x_{ij}\} - \min_i\{x_{ij}\}}$, $i = 1, \dots, n$, $j = 1, \dots, m$. W rozważanym przykładzie wszystkie zmienne diagnostyczne są stymulantami.

Mierniki cząstkowe poprawności metod porządkowania liniowego

Muller-Fraćzek (2017, s. 430–432) przedstawia postacie analityczne 12 mierników cząstkowych oceny poprawności metod porządkowania liniowego. Mierniki te dotyczą oceny następujących obszarów poprawności metod porządkowania liniowego: zgodność odwzorowania (3 mierniki), korelacja liniowa między zmienną syntetyczną, a zmiennymi diagnostycznymi (2 mierniki), korelacja kolejnościowa między zmienną syntetyczną, a zmiennymi diagnostycznymi (3 mierniki), zmienność i koncentracja zmiennej syntetycznej (2 mierniki), odległość taksonomiczna między zmienną syntetyczną, a zmiennymi diagnostycznymi (2 mierniki). Poniżej zaprezentowano postacie analityczne tych mierników.

A. Zgodność odwzorowania:

$$M_1 = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j>i}^n (d_{ij} - \delta_{ij})^2}{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j>i}^n \delta_{ij}^2},$$

$$M_2 = \frac{2}{n(n-1)} \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j>i}^n \left(\frac{d_{ij} - \delta_{ij}}{\delta_{ij}} \right)^2,$$

⁶ Szczegóły wyznaczania wskaźnika jakości usług i KYC opisane są w dokumencie: (CryptoCompare Research, 2020).

⁷ Celem pracy jest prezentacja propozycji agregatowego miernika oceny poprawności metod porządkowania liniowego. Bez straty ogólności dla dalszych rozważań można ograniczyć się do prezentacji przykładu oceny mierników taksonomicznych tworzonych metodą sum standaryzowanych (metodę wybrano z uwagi na jej prostotę), które różnią się wagami zmiennych diagnostycznych, zamiast rozpatrywać mierniki konstruowane za pomocą różnych metod i z uwzględnieniem różnych sposobów normalizacji zmiennych diagnostycznych.

⁸ Stymulanta jest zmienna, której większa wartość wskazuje na większy poziom rozpatrywanego zjawiska. Z kolei destymulanta to zmienna mająca na to zjawisko negatywny wpływ (Młodak, 2006, s. 33).

$$M_3 = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j>i}^n \frac{(d_{ij} - \delta_{ij})^2}{\delta_{ij}}}{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j>i}^n \delta_{ij}},$$

gdzie d_{ij} oznacza odległość euklidesową między i – tym i j – tym obiektem w jednowymiarowej przestrzeni zmiennej syntetycznej, δ_{ij} – odległość między i – tym i j – tym obiektem w m – wymiarowej przestrzeni zmiennych diagnostycznych.

B. Korelacja liniowa między zmienną syntetyczną a zmiennymi diagnostycznymi:

$$M_4 = 1 - \frac{1}{m} \sum_{p=1}^m r_p,$$

$$M_5 = \frac{1}{m} \sum_{p=1}^m l(r_p), \text{ gdzie } l(r_p) = \begin{cases} 0, & r_p \in [0,5; 1] \\ 1, & r_p \in [0; 0,5) \\ 2, & r_p \in [-0,5; 0) \\ 3 & r_p \in [-1; -0,5) \end{cases}$$

gdzie r_p – współczynnik korelacji liniowej między zmienną syntetyczną a p – tą zmienną diagnostyczną.

C. Korelacja kolejnościowa między zmienną syntetyczną a zmiennymi diagnostycznymi:

$$M_6 = 1 - \frac{1}{m} \sum_{p=1}^m \rho_p,$$

$$M_7 = \frac{1}{m} \sum_{p=1}^m l(\rho_p), \text{ gdzie } l(\rho_p) = \begin{cases} 0, & \rho_p \in [0,5; 1] \\ 1, & \rho_p \in [0; 0,5) \\ 2, & \rho_p \in [-0,5; 0) \\ 3, & \rho_p \in [-1; -0,5) \end{cases}$$

$$M_8 = \frac{2}{mv} \sum_{i=1}^n \sum_{p=1}^m |\dot{x}_{ip} - \dot{q}_i|,$$

gdzie ρ_p – współczynnik korelacji Spearmana między zmienną syntetyczną a p – tą zmienną diagnostyczną, \dot{x}_{ip} pozycja i – tego obiektu pod względem wartości p – tej zmiennej diagnostycznej, \dot{q}_i pozycja i – tego obiektu pod względem wartości zmiennej syntetycznej, $v=n^2$ jeśli n jest liczbą parzystą, $v=n^2-1$ jeśli n jest liczbą nieparzystą.

D. Zmienność i koncentracja zmiennej syntetycznej:

$$M_9 = -\frac{s_m}{\bar{m}},$$

$$M_{10} = \frac{s_\Delta}{\bar{\Delta}},$$

gdzie \bar{m} , s_m oznaczają średnią i odchylenie standardowe zmiennej syntetycznej, Δ , s_Δ oznaczają średnią i odchylenie standardowe wartości $\Delta_k = \bar{m}_k - \bar{m}_{k-1}$, \bar{m}_k – uporządkowane niemalejąco realizacje zmiennej syntetycznej.

E. Odległość taksonomiczna między zmienną syntetyczną a zmiennymi diagnostycznymi:

$$M_{11} = \frac{1}{nm} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m |x'_{ij} - q'_i|,$$

$$M_{12} = \sqrt{\frac{1}{nm} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (x'_{ij} - q'_i)^2},$$

gdzie: x'_{ij} – standaryzowana wartość j – tej zmiennej diagnostycznej dla i – tego obiektu, q'_i – standaryzowana wartość zmiennej syntetycznej dla i – tego obiektu.

Im mniejsze są wartości mierników $M_1 - M_{12}$ tym bardziej poprawna jest zmienna syntetyczna (Müller-Frączek, 2017, s. 430).

Agregatowy miernik poprawności metod porządkowania liniowego

Bąk (2018, s. 24), Trojanowska i Nęcka (2020, s. 9–10) oraz Sompolska-Rzechuła (2020, s. 122–123, 2021, s. 30) proponują wykorzystać do oceny poprawności metod porządkowania liniowego miernik postaci: $Q_k = \sqrt{\sum_{l=1}^g q_l^2}$, gdzie q_l oznacza l -ty miernik cząstkowy poprawności metody porządkowania liniowego, g – liczba mierników cząstkowych. W pracach tych przyjmuje się, że im mniejsza wartość miernika Q_k tym bardziej poprawna jest zmienna syntetyczna. Trojanowska i Nęcka wykorzystali do konstrukcji miernika agregatowego mierniki cząstkowe $M_4 - M_{10}$. Sompolska-Rzechuła (2020) wykorzystwała mierniki: M_4 , M_6 , M_9 oraz pewną modyfikację miernika M_1 . Sompolska-Rzechuła (2021) wykorzystwała mierniki: M_4 , M_6 , M_9 (pomijając znak „minus” we wzorze na M_9), M_{11} oraz pewną modyfikację miernika M_1 . Wspomniani autorzy nie uzasadniają dokonanego wyboru mierników cząstkowych. Z kolei Bąk (2018) nie precyzuje ani liczby ani postaci analitycznej mierników wykorzystanych w swoich analizach.

W przypadku gdy wartości zmiennych syntetycznych będą dodatnie, wartości miernika M_9 będą liczbami ujemnymi. Podniesienie ich do kwadratu i zastosowanie wzoru, jaki proponują Bąk (2018), Trojanowska i Nęcka (2020) oraz Sompolska-Rzechuła (2020), może doprowadzić do niepoprawnego uszeregowania rozważanych metod porządkowania liniowego. Z kolei Sompolska-Rzechuła (2021) pomija znak minus we wzorze na M_9 . W tym momencie zmienia się charakter tego miernika cząstkowego, tzn. im jego wartość wyższa tym lepiej. W przypadku pozostałych mierników uwzględnionych przez autorkę, kierunek jest odwrotny. Samo

ominięcie znaku „minus”, bez zastosowania operacji ujednoczenia kierunku zależności dla wszystkich mierników cząstkowych też nie niweluje w tym przypadku rozważanego problemu. Ponadto wartości mierników $M_1 - M_{12}$ nie są ograniczone do pewnego stałego przedziału, np. $[0, 1]$, w związku z czym wpływ niektórych mierników cząstkowych na finalne uporządkowanie rozważanych zmiennych syntetycznych może być większy niż pozostałych.

Tabela 1. Problem nieuwzględnienia znaku wartości mierników cząstkowych

Wyszczególnienie	M2	M6	M9	M10	Q_k
TM1	0,7	0,6	-0,4	0,95	1,383
TM2	0,65	0,5	-0,3	1,1	1,404
TM3	0,6	0,45	-0,8	0,9	1,419

Źródło: opracowanie własne.

Na przykładzie zobrazowano, jaki może być wpływ na finalną ocenę metod porządkowania liniowego wspomnianych problemów (tabela 1). Załóżmy, że mamy trzy mierniki taksonomiczne, dla których wartości wybranych mierników cząstkowych wynoszą, jak w tabeli 1. Można zauważyć, że wartości każdego z mierników cząstkowych są najlepsze dla miernika TM3 (przyjmują najmniejsze wartości). Jednakże wyznaczając wartości miernika Q_k zgodnie z przedstawionym wcześniej wzorem i przyjmując, że im mniejsza jego wartość tym lepiej, okaże się, że miernik TM3 będzie najgorszy pod względem wartości agregatowego miernika Q_k .

Propozycja modyfikacji agregatowego miernika oceny poprawności metod porządkowania liniowego

Konstruując agregatowy miernik oceny poprawności metod porządkowania liniowego, wybrano po jednym mierniku cząstkowym z grup mierników dotyczących: zgodności odwzorowania⁹ (M_2) oraz korelacji kolejnościowej między zmienną syntetyczną a zmiennymi diagnostycznymi (M_6). Uwzględniono ponadto obie zmienne dotyczące zmienności i koncentracji zmiennej syntetycznej (M_9 i M_{10}) oraz dodatkowy miernik cząstkowy (oznaczony M_{13}) oceniający podobieństwo rankingów uzyskanych za pomocą rozważanych zmiennych syntetycznych¹⁰. Jego wartości wyznaczano według wzoru:

⁹ Odległości między zmiennymi w m -wymiarowej przestrzeni zmiennych diagnostycznych wyznaczano dla zmiennych po normalizacji.

¹⁰ W niniejszej pracy wykorzystano miernik M_6 oparty na współczynniku korelacji Spearmana zamiast miernika dotyczącego oceny korelacji liniowej między zmienną syntetyczną, a zmiennymi diagnostycznymi, ponieważ współczynnik korelacji Spearmana uwzględnia również monotoniczne zależności nieliniowe. Pominięto również mierniki dotyczące odległości taksonomicznej między zmienną syntetyczną, a zmiennymi diagnostycznymi,

$$M_{13}(TM_i) = \frac{1}{s-1} \sum_{j=1, j \neq i}^s \rho_{ij},$$

gdzie ρ_{ij} oznacza współczynnik korelacji Spearmana między wartościami zmiennych syntetycznych TM_i oraz TM_j , s oznacza liczbę analizowanych zmiennych syntetycznych. Im wyższa wartość tego wskaźnika tym bardziej podobny jest ranking uzyskany za pomocą i -tej zmiennej syntetycznej TM_i do rankingów uzyskanych za pomocą pozostałych zmiennych syntetycznych. Miernik M_{13} będzie pełnił rolę stymulanty w przypadku oceny poprawności metod porządkowania liniowego. Jego wyższe wartości będą miały pozytywny wpływ na analizowane zjawisko. Pozostałe wybrane zmienne pełnią rolę destymulant. Im mniejsze ich wartości tym bardziej poprawna zmienna syntetyczna. Konstruując agregatowy miernik poprawności metod porządkowania liniowego, uwzględnione mierniki cząstkowe będące destymulantami zostaną przekształcone na stymulanty, a wartości poszczególnych mierników cząstkowych zostaną przekształcone na liczby z przedziału $[0, 1]$.

Do oceny poprawności metod porządkowania liniowego wykorzystano miernik agregatowy postaci:

$$Q_k^* = \sqrt{\sum_{l=1}^g z_{kl}^2},$$

gdzie $z_{kl} = \frac{q_{kl} - \min_k\{q_{kl}\}}{\max_k\{q_{kl}\} - \min_k\{q_{kl}\}}$ (jeśli q_l jest stymulantą), $z_{kl} = \frac{\max_k\{q_{kl}\} - q_{kl}}{\max_k\{q_{kl}\} - \min_k\{q_{kl}\}}$ (jeśli q_l jest destymulantą), q_{kl} oznacza wartość l -tego miernika cząstkowego dla k -tej zmiennej syntetycznej, $k = 1, \dots, s$, g – liczba mierników cząstkowych, s – liczba rozważanych zmiennych syntetycznych (mierników taksonomicznych).

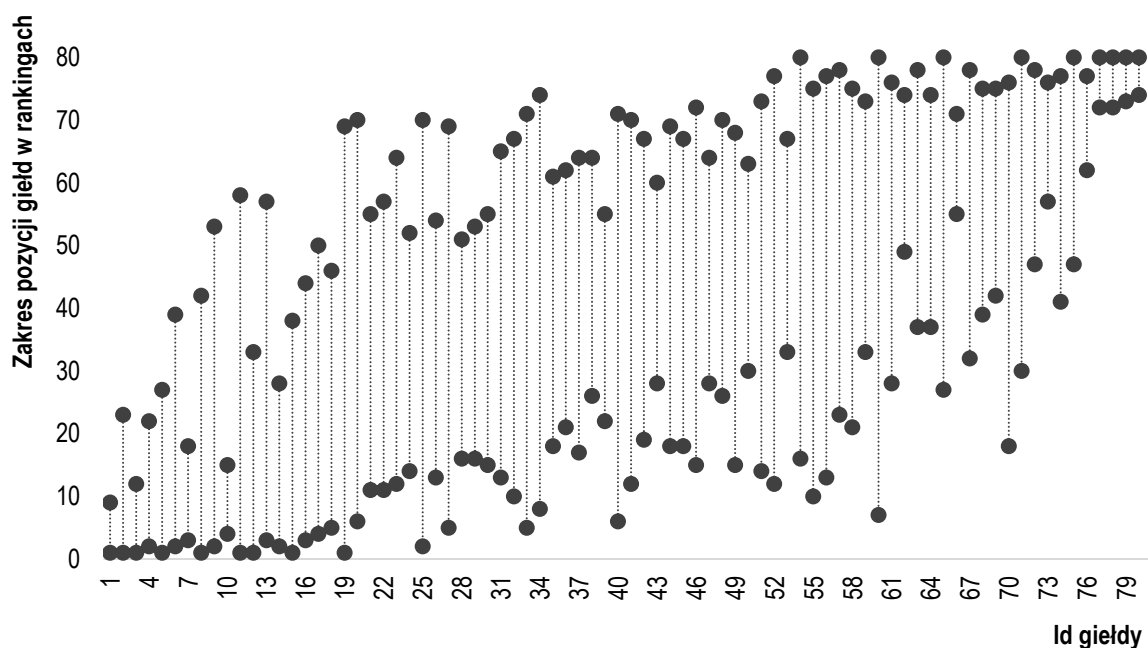
Przy przyjętym sposobie konstrukcji agregatowego miernika oceny poprawności metody porządkowania liniowego, im wyższa jego wartość tym wyższa poprawność w sensie przyjętych kryteriów.

Przykład oceny poprawności metod porządkowania liniowego z wykorzystaniem proponowanego miernika

Utworzono 1000 mierników taksonomicznych w ten sposób, że wygenerowano losowo 1000 zestawów wag (w_1^r, \dots, w_6^r) , $r=1, \dots, 1000$, na podstawie których wyznaczono zmienne syntetyczne $TM_i^r = \sum_{j=1}^m w_j^r z_{ij}$ ($i=1, \dots, n$; $r=1, \dots, 1000$, n – liczba obiektów, m – liczba zmiennych wchodzących w skład miernika). W przypadku większości giełd występowała duża

ponieważ obiekty odległe w m -wymiarowej przestrzeni mogą przyjmować te same wartości zmiennych syntetycznych.

różnica w pozycjach dla rozważanych 1000 rankingów (rys. 1). Istotnym zagadnieniem wydaje się więc opracowanie procedury oceny poprawności i wyboru finalnego miernika taksonomicznego. Na rys. 1 identyfikatory giełd są zgodne z pozycjami w tabeli 3.



Rys. 1. Zakres pozycji giełd w rozważanych rankingach

Źródło: opracowanie własne.

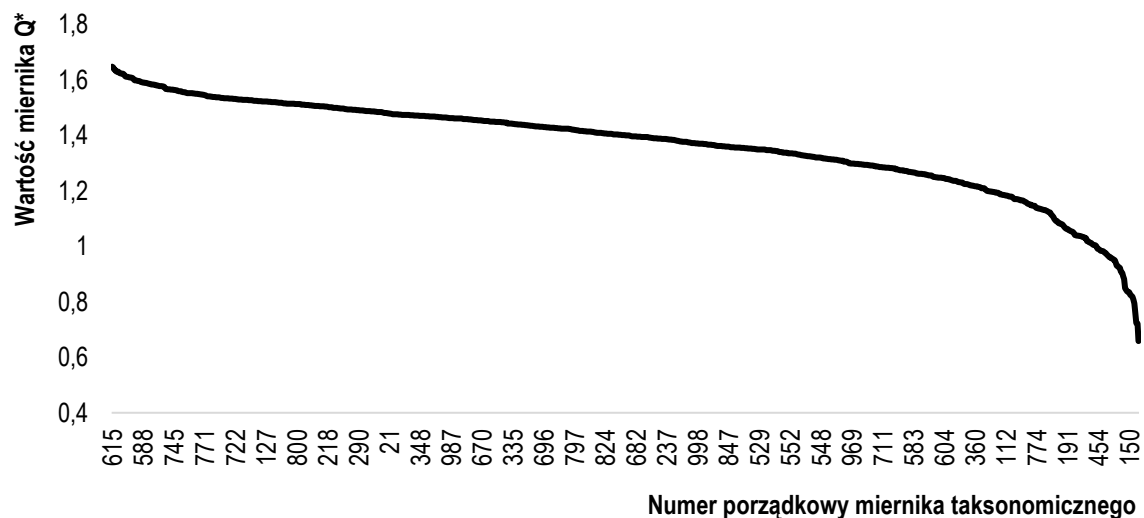
Tabela 2 przedstawia wartości minimalne i maksymalne rozważanych mierników cząstkowych (przed normalizacją) dla analizowanych zmiennych syntetycznych. Można zauważyć wspomniane wcześniej problemy dotyczące ujemnych wartości oraz różnych zakresów zmienności rozważanych mierników.

Tabela 2. Wartości minimalne i maksymalne mierników cząstkowych

Wyszczególnienie	M2	M6	M9	M10	M13
min	0,5591	0,4658	-0,5334	0,8687	0,6759
max	0,6974	0,6057	-0,3099	2,1442	0,9259

Źródło: opracowanie własne.

Następnie dokonano oceny poprawności rozważanych zmiennych syntetycznych wykorzystując zaproponowany miernik agregatowy Q^* . Na rysunku 2 przedstawiono wartości miernika Q^* dla rozważanych zmiennych syntetycznych. Najwyższą wartością proponowanej miary Q^* charakteryzował się miernik o numerze 615. Wektor wag składowych tego miernika był następujący: $w_1=0,1924$; $w_2=0,1711$; $w_3=0,1315$; $w_4=0,1657$; $w_5=0,1683$; $w_6=0,1710$. Tabela 3 przedstawia ranking giełd wg wartości finalnego miernika.



Rys. 2. Wartości miernika Q* dla analizowanych mierników taksonomicznych

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 3. Ranking giełd kryptowalut wg wartości miernika TM_615

Pozycja	Giełda	TM_615	Pozycja	Giełda	TM_615
1	HitBTC	0,7699	41	EXMO	0,3728
2	Binance	0,7451	42	DSX Global	0,3686
3	Gate.io	0,7196	43	BitMart	0,3603
4	OKEx	0,6702	44	Lbank	0,3591
5	Coinbase Pro	0,6542	45	Coinone	0,3590
6	Huobi Global	0,6377	46	Digifinex	0,3514
7	Bitfinex	0,6352	47	BTC-Alpha	0,3512
8	Kraken	0,6215	48	Bleutrade	0,3503
9	KuCoin	0,6211	49	P2PB2B	0,3448
10	Poloniex	0,6132	50	Exrates	0,341
11	Bitcoin.com	0,5825	51	CoinBene	0,3348
12	Gemini	0,5733	52	CoinEx	0,3348
13	Binance US	0,5630	53	Zaif	0,3278
14	Liquid	0,5338	54	BTCBOX	0,3270
15	itBit	0,5172	55	STEX	0,3222
16	Bittrex	0,5079	56	Graviex	0,3217
17	TheRockTrading	0,504	57	Bitpanda Pro	0,3167
18	Bitstamp	0,4920	58	CoinTiger	0,3074
19	Coinfloor	0,4691	59	Bitso	0,2959
20	FTX	0,4674	60	Livecoin	0,2916
21	OKCoin	0,4559	61	LakeBTC	0,2865

Pozycja	Giełda	TM_615	Pozycja	Giełda	TM_615
22	ZB	0,4464	62	CoinJar Exchange	0,2852
23	Coinsbit	0,4360	63	eToroX	0,2843
24	BigONE	0,4343	64	Kuna Exchange	0,2842
25	Currency.com	0,4317	65	Korbit	0,2751
26	Bitbank	0,4293	66	Bitkub	0,2733
27	Coinfield	0,4259	67	Bgogo	0,2727
28	CEX.IO	0,4178	68	GoPax	0,2704
29	bitFlyer	0,4164	69	Lykke	0,2677
30	BW.com	0,4146	70	FatBTC	0,2623
31	Coincheck	0,4092	71	Coinfalcon	0,2541
32	ZBG	0,4049	72	Coindeal	0,2489
33	Independent Reserve	0,4005	73	BCEX	0,2301
34	AAX	0,3993	74	EXX	0,2274
35	BitBay	0,3911	75	CoinAll	0,2150
36	BtcTurk PRO	0,3900	76	Tidex	0,1947
37	BitMax	0,3810	77	BITEXBOOK	0,1517
38	Luno	0,3794	78	Catex	0,1458
39	BTCMarkets	0,3793	79	TokensNet	0,1378
40	Upbit	0,3780	80	CBX	0,1197

Źródło: opracowanie własne.

Podsumowanie

W pracy zaproponowano modyfikację sposobu wyznaczania agregatowego miernika oceny poprawności metod porządkowania liniowego, uwzględniającą wartości i charakter mierników cząstkowych. Wśród mierników cząstkowych uwzględniono ponadto ocenę zgodności uporządkowania obiektów w rankingach uzyskiwanych za pomocą analizowanych metod porządkowania liniowego. Proponowana modyfikacja pozwala zniwelować wskazane wcześniej „wady” istniejących rozwiązań, jednakże nie stanowi jedyne słusznego sposobu oceny poprawności metod porządkowania liniowego. W trakcie definiowania tego typu mierników agregatowych występuje pewien element subiektywizmu, związany m.in. z wyborem mierników cząstkowych, sposobem normalizacji ich wartości, czy uwzględnieniem wag poszczególnych mierników cząstkowych, które mają wpływ na finalny ranking ocenianych metod porządkowania liniowego.

Zastosowanie proponowanego miernika zaprezentowano na przykładzie oceny taksonomicznych mierników atrakcyjności giełd kryptowalut. Wykorzystując agregatowy

miernik oceny poprawności metod porządkowania liniowego dokonano wyboru finalnego miernika atrakcyjności giełd kryptowalut oraz utworzono ich ranking na podstawie jego wartości.

Różne mierniki taksonomiczne mogą prowadzić do uzyskiwania odmiennych rankingów dla analizowanego zbioru obiektów. W pracach dotyczących oceny różnych zjawisk i tworzenia rankingów obiektów z wykorzystaniem mierników taksonomicznych, często prezentowane są wyniki uzyskane za pomocą kilku metod porządkowania liniowego, natomiast kwestia wyboru finalnego miernika i rankingu uzyskanego na jego podstawie bywa zazwyczaj pomijana. Agregatowe mierniki oceny poprawności metod porządkowania liniowego mogą wypełnić tę lukę, umożliwiając wybór finalnego miernika taksonomicznego opisującego analizowane zjawisko, spośród wielu jego wariantów, które są potencjalnie akceptowane przez badacza.

Bibliografia

- Albrecht, C., Duffin, K. M., Hawkins, S., i Morales Rocha, V. M. (2019). The use of cryptocurrencies in the money laundering process. *Journal of Money Laundering Control*, 22(2), 210–216. <https://doi.org/10.1108/JMLC-12-2017-0074>
- Bąk, A. (2018). Analiza porównawcza wybranych metod porządkowania liniowego. *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu = Research Papers of Wrocław University of Economics; 2018; Nr 508; Taksonomia 31 Klasyfikacja i analiza danych – teoria i zastosowania*, (508 Taksonomia 21. Klasyfikacja i analiza danych-teoria i zastosowania), 19–28. <https://doi.org/10.15611/pn.2018.508.02>
- CryptoCompare Research. (2020). *Exchange Benchmark Report: July 2020*. CryptoCompare Research. Pobrano z CryptoCompare Research website: <https://www.cryptocompare.com/media/37072188/cryptocompare-exchange-benchmark-july-2020.pdf>
- CyberSecurity Score (CSS). (b.d.). Pobrano 24 wrzesień 2021, z Cer.live website: <https://cer.live/>
- Gandal, N., Hamrick, J., Moore, T., i Oberman, T. (2018). Price manipulation in the Bitcoin ecosystem. *Journal of Monetary Economics*, 95(C), 86–96. <https://doi.org/10.1016/j.jmoneco.2017.12.004>
- Jay. (2020). Liquidity Score (Market Pair, Exchange). Pobrano 24 września 2021, z CoinMarketCap website: <https://support.coinmarketcap.com/hc/en-us/articles/360043836931-Liquidity-Score-Market-Pair-Exchange->
- Kądziołka, K. (2015). Transakcje kryptowalutą bitcoin — Wybrane zagrożenia. *Rola Informatyki w Naukach Ekonomicznych i Społecznych. Innowacje i Implikacje Interdyscyplinarne*, (1), 24–35.
- Kądziołka, K. (2016). Ocena atrakcyjności inwestycji na giełdach Bitcoin z wykorzystaniem miernika taksonomicznego. *Przestrzeń, Ekonomia, Społeczeństwo*, (9/I), 91–101. <https://doi.org/10.23830/9I2016/91101>

- Kądziołka, K. (2017). Ocena czasu funkcjonowania giełd Bitcoin z wykorzystaniem metod nieparametrycznych. *Przedsiębiorstwo & Finanse*, (2(17)), 103–114.
- Kądziołka, K. (2021a). Metoda PROMETHEE II w wielokryterialnej ocenie giełd kryptowalut. *Economic and Regional Studies*, 14(2), 131–145.
<https://doi.org/10.2478/ers-2021-0010>
- Kądziołka, K. (2021b). Propozycja metody wspomagającej wybór miernika taksonomicznego na przykładzie oceny atrakcyjności giełd kryptowalut. *Zeszyty Naukowe ZPSB Firma i Rynek*, (1(59)), 65–76.
- Kompa, K., & Witkowska, D. (2014). Comparison of European Stock Exchanges. One- and Multi-dimensional Analysis. *Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences*, 4(S1), 2111–2126.
- Kuc-Czarnecka, M. (2019). Sensitivity analysis as a tool to optimise Human Development Index. *Equilibrium. Quarterly Journal of Economics and Economic Policy*, 14(3), 425–440. <https://doi.org/10.24136/eq.2019.020>
- Kukuła, K., i Luty, L. (2018). O wyborze metody porządkowania liniowego do oceny gospodarki odpadami w Polsce w ujęciu przestrzennym. *Zeszyty Naukowe SGGW w Warszawie. Problemy Rolnictwa Światowego*, 18(33)(2), 183–192.
<https://doi.org/10.22630/PRS.2018.18.2.46>
- Łuniewska, M., i Tarczyński, W. (2006). *Metody wielowymiarowej analizy porównawczej na rynku kapitałowym*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Milek, D. (2018). Spatial differentiation in the social and economic development level in Poland. *Equilibrium. Quarterly Journal of Economics and Economic Policy*, 13(3), 487–507. <https://doi.org/10.24136/eq.2018.024>
- Młodak, A. (2006). *Analiza taksonomiczna w statystyce regionalnej*. Warszawa: Centrum Doradztwa i Informacji Difin.
- Moore, T., i Christin, N. (2013). Beware the Middleman: Empirical Analysis of Bitcoin-Exchange Risk. W A.-R. Sadeghi (Red.), *Financial Cryptography and Data Security* (s. 25–33). Berlin, Heidelberg: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-39884-1_3
- Müller-Frączek, I. (2017). Propozycja miary syntetycznej. *Przegląd Statystyczny*, 64(4), 421–436.
- Schueffel, P., i Groeneweg, N. (2019). *Evaluating Crypto Exchanges in the Absence of Governmental Frameworks—A Multiple Criteria Scoring Model* (SSRN Scholarly Paper Nr ID 3432798). Rochester, NY: Social Science Research Network.
<https://doi.org/10.2139/ssrn.3432798>
- Sompolska-Rzechuła, A. (2020). Selection of the method of linear ordering using the example of assessing the level of socio-economic development of European Union countries. *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*, 64(7), 118–129.
- Sompolska-Rzechuła, A. (2021). Selection of the Optimal Way of Linear Ordering of Objects: Case of Sustainable Development in EU Countries. *Statistika: Statistics and Economy Journal*, (1), 24–36.
- Tarczyński, W. (2013). Ocena efektywności metod analizy portfelowej na giełdzie papierów wartościowych za lata 2001-2013. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego. Finanse, Rynki Finansowe, Ubezpieczenia*, (60), 537–550.

- Tarczyński, W. (2014). Ocena różnych wariantów fundamentalnego portfela papierów wartościowych. *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*, (371 Inwestycje finansowe i ubezpieczenia-tendencje światowe a rynek polski), 298–309. <https://doi.org/10.15611/pn.2014.371.26>
- Trojanowska, M., i Nęcka, K. (2020). Selection of the Multiple-Criteria Decision-Making Method for Evaluation of Sustainable Energy Development: A Case Study of Poland. *Energies*, 13(23), 6321. <https://doi.org/10.3390/en13236321>
- Wydymus, S. (1984). Zmienne syntetyczne w modelowaniu ekonometrycznym. *Ruch Prawniczy, Ekonomiczny i Socjologiczny*, XLVI(1), 187–200.
- Zielińska-Sitkiewicz, M. (2015). Zastosowanie wybranych mierników syntetycznych do klasyfikacji spółek przemysłu spożywczego notowanych na GPW w Warszawie. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego. Finanse, Rynki Finansowe, Ubezpieczenia*, (75 Rynek kapitałowy: skuteczne inwestowanie), 577–588. <https://doi.org/10.18276/frfu.2015.75-47>