dr Kinga Kądziołka

Akademia WSB w Dąbrowie Górniczej

Propozycja metody wspomagającej wybór miernika taksonomicznego na przykładzie oceny atrakcyjności giełd kryptowalut

Streszczenie

W niniejszej pracy zaproponowano metodę wyboru miernika taksonomicznego spośród wielu mierników opisujących analizowane zjawisko. W pracach dotyczących zastosowania mierników taksonomicznych często prezentowane są rankingi uzyskane za pomocą kilku różnych mierników. Ocena zgodności rankingów dokonywana jest m. in. za pomocą współczynników korelacji Spearmana, natomiast kwestia wyboru finalnego reprezentanta (miernika taksonomicznego i rankingu obiektów uzyskanego na podstawie jego wartości) jest zazwyczaj pomijana. Zaproponowana metoda wyboru finalnego miernika taksonomicznego uwzględnia zarówno stopień podobieństwa rankingu uzyskanego na podstawie wartości tego miernika do innych rankingów jak również zdolność miernika do grupowania obiektów. Ponadto wykorzystano grupowanie hierarchiczne połączone z metodą k-średnich do identyfikacji podzbiorów obiektów (tu: giełd walut kryptograficznych) podobnych pod względem wartości miernika taksonomicznego. Grupowanie hierarchiczne umożliwia podział obiektów na taką liczbę grup, jaka wyraźnie uwidoczni się na uzyskanym dendrogramie, zamiast popularnego w literaturze przedmiotu, „sztywnego" podziału na cztery grupy wg średniej i odchylenia standardowego wartości miernika (który nie zawsze jest optymalny). W analizowanym przykładzie metoda Warda została zastosowana do wyznaczenia początkowej liczby i środków (centroidów) grup, wykorzystanych następnie w metodzie k--średnich. Wykorzystanie dodatkowo metody k-średnich umożliwiło poprawę jakości grupowania w porównaniu z użyciem tylko metody Warda.

Słowa kluczowe

giełdy kryptowalut, miernik taksonomiczny, grupowanie hierarchiczne, metoda Warda, metoda k-średnich, porządkowanie liniowe, wybór metody porządkowania liniowego

Wprowadzenie

Mierniki taksonomiczne są wykorzystywane do oceny różnych zjawisk społeczno – ekonomicznych, które są opisane za pomocą wielu zmiennych, np. rozwój społeczno – gospodarczy. Miernik taki jest pewną funkcją ujednoliconych wartości tych zmiennych. Brak jest jednak jednej, uniwersalnej metody konstruowania mierników taksonomicznych. Można w tym celu wykorzystywać metody wzorca rozwoju lub bezwzorcowe. Różne też są sposoby ujednolicania danych (np. normalizacja, standaryzacja), co w konsekwencji może przekładać się na różnice w rankingach uzyskiwanych na podstawie wartości zmiennych syntetycznych[1].

W niniejszej pracy zaproponowana zostanie metoda wyboru miernika taksonomicznego spośród wielu mierników opisujących dane zjawisko (na podstawie tego samego zestawu zmiennych diagnostycznych). Propozycja metody wyboru miernika taksonomicznego zostanie zaprezentowana na przykładzie taksonomicznych mierników oceny atrakcyjności inwestycji na giełdach walut kryptograficznych. Wykorzystanie metod wielowymiarowej analizy porównawczej w analizach dotyczących finansów zostało zapoczątkowane przez M. Łuniewską i W. Tarczyńskiego[2]. Taksonomiczne mierniki atrakcyjności inwestycji (TMAI) są stosowane m.

[1] Charakterystyka wybranych metod tworzenia mierników taksonomicznych dostępna jest m. in. w pracach: J. Dmitruk, J. Gawinecki, *Metody wielowymiarowej analizy porównawczej – budowa i zastosowanie*, Biuletyn WAT, vol. LXVI, nr 4, 2017, s. 103-119; A. Mastalerz – Kodzis, E. Pośpiech, *Zastosowanie wybranych elementów analizy fundamentalnej do wyznaczania portfeli optymalnych,* Studia Ekonomiczne Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach nr 146, 2013, s. 68–78.

[2] M. Łuniewska, W. Tarczyński, *Metody wielowymiarowej analizy porównawczej na rynku kapitałowym*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2006.

in. do wyboru spółek wchodzących w skład portfeli inwestycyjnych i ustalania składu portfeli czy tworzenia rankingów i klasyfikacji giełd tradycyjnych[3].

Idea zastosowania TMAI do oceny atrakcyjności inwestycji na giełdach walut kryptograficznych została zaprezentowana wcześniej w pracy K. Kądziołki[4], jednakże wówczas inwestycje te dotyczyły tylko kryptowaluty bitcoin i było dostępnych mniej niż obecnie charakterystyk opisujących giełdy kryptowalut. Problematyka niniejszej pracy dotyczyć będzie wyboru finalnego reprezentanta, spośród wielu mierników taksonomicznych opisujących analizowane zjawisko. Rozważane będzie 1000 przykładowych taksonomicznych mierników oceny atrakcyjności inwestycji na giełdach walut kryptograficznych, spośród których zostanie wybrany jeden z wykorzystaniem zaproponowanej tu metody.

W literaturze przedmiotu często przedstawiane są różne mierniki taksonomiczne, opisujące analizowane zjawisko, badana bywa zgodność uporządkowania obiektów według rankingów skonstruowanych w oparciu o ich wartości, natomiast problem wyboru finalnego reprezentanta (miernika taksonomicznego) bywa zazwyczaj pomijany. Pewną propozycję procedury wyboru metody porządkowania liniowego przedstawili K. Kukuła i L. Luty. W pracy z 2015 zaproponowali oni, aby spośród wielu rozważanych rankingów (uzyskanych na podstawie odpowiednich mierników taksonomicznych) wybrać ten, dla którego u_p przyjmuje wartość maksymalną, gdzie: $u_p = \frac{1}{k-1}\sum_{q=1,q\neq p}^{k} m_{pq}$, k jest liczbą rozważanych rankingów, $p,q=1,\ldots,k$ (analizowane rankingi), m_{pq} – miara podobieństwa rankingów p i q wyznaczana następująco: $m_{pq} = 1 - \frac{2\sum_{i=1}^{n}|c_{ip}-c_{iq}|}{n^2-z}$, c_{ip} – pozycja i – tego obiektu w rankingu p, c_{iq} – pozycja i – tego obiektu w rankingu q, n – liczba analizowanych obiektów, $z=1$, gdy n jest liczbą nieparzystą oraz $z=0$, gdy n jest liczbą parzystą[5].

W kolejnej pracy, z 2017, ci sami Autorzy zasugerowali, aby przed dokonaniem wyboru ostatecznego rankingu zgodnie z zaproponowaną w 2015 r metodą, dokonać eliminacji „odstających" rankingów. Zaproponowali, aby wyeliminować z dalszych analiz te rankingi, dla których $m_{pq} \leq \overline{m} + d(m)$, gdzie $\overline{m}$ oznacza średnią miarę podobieństwa rankingów a $d(m)$ odchylenie przeciętne[6].

W niniejszym artykule zostanie zaproponowana metoda wyboru miernika taksonomicznego uwzględniająca zarówno podobieństwo uzyskanego rankingu do rankingów uzyskanych za pomocą innych rozważanych mierników[7], jak również właściwości dyskryminacyjne finalnego miernika. Jako miarę podobieństwa dwóch rankingów przyjęto tutaj współczynnik korelacji Spearmana. Proponowana metoda składa się z dwóch etapów. W pierwszym, spośród zbioru wszystkich analizowanych mierników, wyznaczony zostanie jego podzbiór zawierający te mierniki, dla których nie będzie istniał inny miernik charakteryzujący się wyższą przeciętną zgodnością uporządkowania i mniejszym jej zróżnicowaniem. Jest tu pewna analogia do tworzenia granicy efektywnej w analizie portfelowej. W kolejnym etapie ze zredukowanego zbioru mierników zostanie wybrany jeden – ten, dla którego wartość współczynnika Sokołowskiego (oceniającego zdolność miernika do grupowania obiektów) będzie maksymalna. Ponadto zaproponowany zostanie też drugi wariant metody, w którym zamiast odchylenia standardowego wykorzystane zostanie semiodchylenie standardowe, mierzące tylko ujemne odchylenia od

---

[3] np. W. Tarczyński, *Ocena różnych wariantów fundamentalnego portfela papierów wartościowych*, Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu nr 371, 2014, s. 298 –309; W. Tarczyński, *Ocena efektywności metod analizy portfelowej na Giełdzie Papierów Wartościowych w Warszawie za lata 2001 –2013*, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego nr 761, 2013, s. 537 –550; M. Zielińska – Sitkiewicz, *Zastosowanie wybranych mierników syntetycznych do klasyfikacji spółek przemysłu materiałów budowlanych notowanych na GWP w Warszawie*, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego nr 75, 2015, s. 577 –588; K. Kompa, D. Witkowska, *Comparison of European Stock Exchanges One – and Multi- Dimensional Analysis*, Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences, vol 4(S1), 2014, s. 2111–2126.

[4] K. Kądziołka, *Ocena atrakcyjności inwestycji na giełdach Bitcoin z wykorzystaniem miernika taksonomicznego*, Przestrzeń, Ekonomia, Społeczeństwo nr 9/I/2016, s. 91–101.

[5] K. Kukuła, L. Luty, *Propozycja procedury wspomagającej wybór metody porządkowania liniowego*, Przegląd Statystyczny, R. LXII, Zeszyt 2, 2015, s. 223.

[6] K. Kukuła, L. Luty, *Jeszcze o procedurze wyboru metody porządkowania liniowego*, Przegląd Statystyczny, R. LXIV, Zeszyt 2, 2017, s. 164–165.

[7] Podobny pomysł został wykorzystany w odniesieniu do wyznaczania wag składowych mierników taksonomicznych w pracy K. Kądziołki, *A Proposal of Data – Driven Method for Determining the Weights of Composite Indicators*, przyjęte do druku w czasopiśmie Ekonometria. Advances in Applied Data Analysis, 25(1), 2021. We wspomnianej pracy rozważano różne kryteria wyboru finalnego miernika taksonomicznego.

wartości średniej. Wszelkie obliczenia wykonano z wykorzystaniem darmowego programu R na podstawie ogólnodostępnych danych dotyczących giełd walut kryptograficznych, publikowanych na portalach: www.coingecko.com, www.coinmarketcap.com, www.cryptocompare.com.

Charakterystyka analizowanych danych i wykorzystanej metody

W prezentowanym przykładzie w ramach konstrukcji miernika uwzględniono 6 zmiennych diagnostycznych opisujących różne charakterystyki giełd kryptowalut, takie jak[8]:

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

Popularność giełdy mierzona była za pomocą wartości Globalnego Rankingu Alexa (ang. *Alexa Global Rank*). Ranking ten jest wyznaczany na podstawie szacunkowej dziennej liczby unikalnych użytkowników i odsłon strony w ciągu ostatnich 3 miesięcy. Im niższa wartość tego wskaźnika tym popularność danej strony internetowej jest wyższa[9]. Z uwagi na wysoką skośność (>5) oryginalnej zmiennej, w niniejszej pracy wykorzystano jej logarytm.

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 cyberprzestrzeni[10]. Im wyższa wartość wskaźnika tym wyższy poziom zabezpieczeń giełdy przeciwko zagrożeniom z cyberprzestrzeni.

Wskaźnik płynności wyznaczany jest przez portal coinmarketcap.com. Wskaźnik ten jest pewnym miernikiem agregatowym i uwzględnia różne zmienne zawarte w tzw. księdze zamówień (ang. *order book*), jak np. wielkość zamówienia czy odległość od średniej ceny[11]. 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 wyznaczany jest przez portal cryptocompare.com. Jego wartość 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.

Wskaźnik dotyczący implementacji procedur KYC (ang. *Know Your Customer*) i ryzyka transakcji wyznaczany jest również przez portal cryptocompare.com. Jego wartość powstaje przez zsumowanie punktów przyznanych w ramach różnych kategorii dotyczących obszaru związanego z przeciwdziałaniem praniu pieniędzy, jak np. identyfikacja użytkowników, monitorowanie transakcji i identyfikacja podejrzanych transakcji[12].

W niniejszej pracy rozważane będą mierniki taksonomiczne postaci:

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

[8] Ocenie poddano 80 giełd, dla których dostępne były wartości wszystkich rozważanych zmiennych.

[9] K. Król, *Jakość witryn internetowych gospodarstw agroturystycznych małopolski według wybranych miar syntetycznych*, Organizacja i Zarządzanie z. 102, 2017, s. 172; K. Janc, *Transfer wiedzy w rolnictwie a serwisy internetowe – przykład eksploracji danych sieciowych*, Roczniki Naukowe Ekonomii Rolnictwa i Rozwoju Obszarów Wiejskich, t. 102, z. 1, 2015, s. 137–138.

[10] Szczegóły dotyczące metodologii dostępne są na stronie https://cer.live/certified, data dostępu: 30.08.2020.

[11] Szczegółowe informacje na temat tego wskaźnika dostępne są na stronie internetowej https://support.coinmarketcap.com/hc/en-us/articles/360043836931-Liquidity-Score-Market-Pair-Exchange, [data dostępu: 30/08/2020]

[12] Szczegóły wyznaczania wskaźnika jakości usług i KYC opisane są w dokumencie: www.cryptocompare.com/media/37072188/cryptocompare-exchange-benchmark-july-2020.pdf, [data dostępu: 30/08/2020].

gdzie w_j oznacza wagę j – tej zmiennej diagnostycznej, $\sum_{j=1}^{m} w_j = 1,\ w_j>0,\ j=1,\ldots,m$, z_{ij} oznacza wartość j-tej zmiennej (przekształconej do postaci stymulanty[13] i po normalizacji) dla i – tego obiektu.

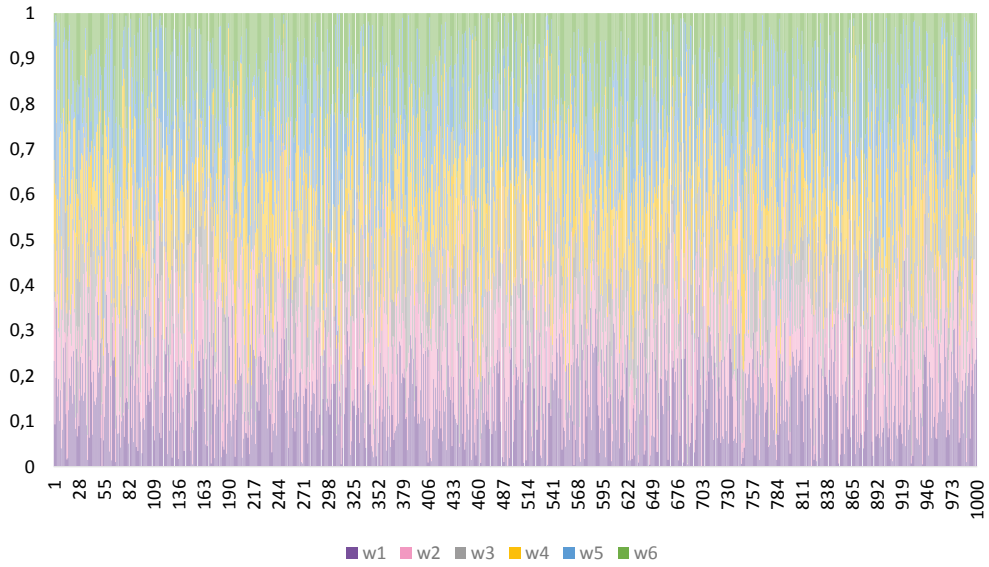
W analizowanym przykładzie destymulantą jest zmienna określająca popularność giełdy mierzona za pomocą wartości w rankingu Alexy. Pozostałe zmienne są stymulantami.

W przypadku zmiennych będących stymulantami dokonano następującego ich przekształcenia: $z_{ij} = \frac{x_{ij}-min_i\{x_{ij}\}}{max_i\{x_{ij}\}-min_i\{x_{ij}\}}$, $i=1,\ldots,n,\ j=1,\ldots,m$. W przypadku destymulant wykorzystano formułę: $z_{ij} = \frac{max_i\{x_{ij}\}-x_{ij}}{max_i\{x_{ij}\}-min_i\{x_{ij}\}}$, $i=1,\ldots,n,\ j=1,\ldots,m$. Rozważane mierniki będą różniły się wagami zmiennych diagnostycznych[14].

Propozycja metody wyboru miernika taksonomicznego

Załóżmy, że mamy k mierników taksonomicznych postaci: $TMAI_i^r = \sum_{j=1}^{m} w_j^r z_{ij}$ ($i=1,\ldots,n$; $r=1,\ldots,k$, n- liczba obiektów, m – liczba zmiennych wchodzących w skład miernika), opisujących analizowane zjawisko, spośród których chcemy wybrać jeden, będący finalnym rozwiązaniem problemu porządkowania liniowego obiektów.

W analizowanym przykładzie mamy 6 zmiennych diagnostycznych (m=6), 80 obiektów (giełd kryptowalut, n=80) i 1000 mierników taksonomicznych (k=1000), spośród których będziemy chcieli wybrać reprezentanta, z wykorzystaniem którego dokonane zostanie liniowe uporządkowanie giełd od najbardziej do najmniej atrakcyjnych (w sensie przyjętych kryteriów) oraz zidentyfikowane zostaną grupy obiektów podobnych pod względem wartości finalnego miernika. Mierniki taksonomiczne utworzono w ten sposób, że wygenerowano losowo 1000 zestawów wag $(w_1^r, \ldots, w_6^r)$, $r=1,\ldots,1000$, na podstawie których wyznaczono zmienne syntetyczne zgodnie z podanym wcześniej wzorem. Rys. 1 przedstawia struktury wylosowanych wektorów wag.



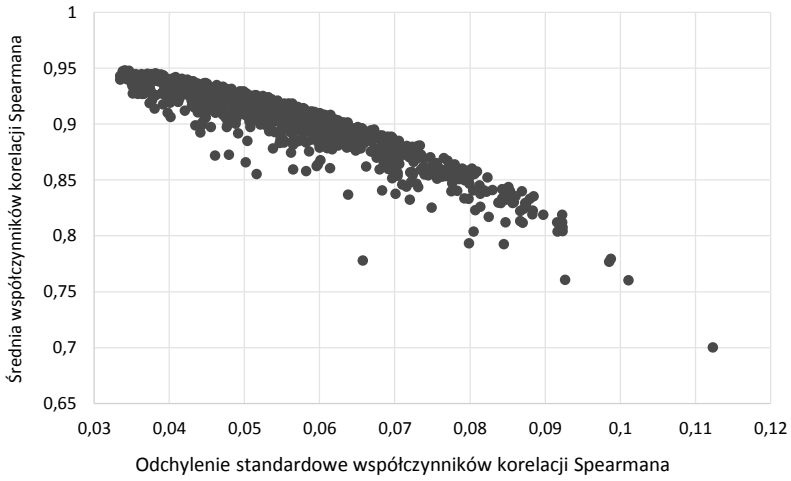
Rys. 1. Struktury wylosowanych 1000 wektorów wag

Źródło: Opracowanie własne.

[13] Stymulanta jest zmienną, której większa wartość wskazuje na większy poziom rozpatrywanego zjawiska. Z kolei destymulanta to zmienna mająca na to zjawisko negatywny wpływ, por. A. Młodak, *Analiza taksonomiczna w statystyce regionalnej*, Difin, Warszawa, 2006, s. 33.

[14] Głównym celem niniejszej pracy jest prezentacja propozycji metody wyboru jednego miernika taksonomicznego spośród wielu mierników, które są akceptowane przez badacza. Bez straty ogólności dla dalszych rozważań można ograniczyć się do jednej postaci mierników zamiast konstruować różne typy mierników z wykorzystaniem różnych metod (wzorcowe/bezwzorcowe), uwzględniając różne sposoby ujednolicenia zmiennych diagnostycznych czy różne metody wyznaczania wag składowych mierników. W niniejszym przykładzie, który ma posłużyć zobrazowaniu proponowanej metody, wagi zmiennych diagnostycznych poszczególnych mierników wygenerowano w sposób losowy.

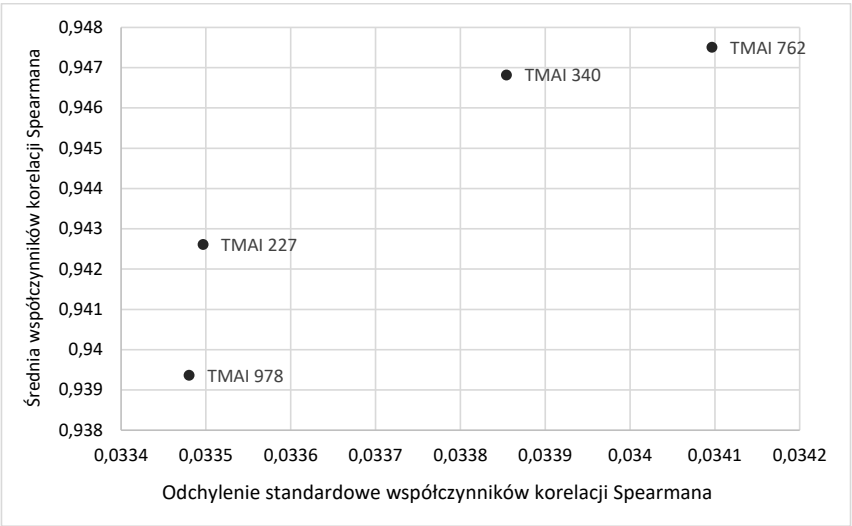
Następnie utworzono macierz współczynników korelacji Spearmana na podstawie wartości wszystkich par mierników taksonomicznych. Była to macierz symetryczna o wymiarze 1000x1000. Dla każdego miernika wyznaczono wartość przeciętną i odchylenie standardowe współczynników korelacji Spearmana z pozostałymi miernikami[15]. W kolejnym kroku sporządzono wykres obrazujący odchylenie standardowe i średnią współczynników korelacji Spearmana dla poszczególnych mierników (rys. 2). Jest tu pewne podobieństwo do tworzenia mapy ryzyko-dochód w analizach portfelowych.



Rys. 2. Średnia i odchylenie standardowe współczynników korelacji Spearmana dla mierników

Źródło: Opracowanie własne.

Następnie utworzono podzbiór zawierający te mierniki, dla których nie było innych mierników, które charakteryzowałyby się wyższą przeciętną wartością współczynników korelacji Spearmana i mniejszym bądź takim samym ich zróżnicowaniem ani mierników o takiej samej przeciętnej wartości współczynników korelacji Spearmana i mniejszym ich zróżnicowaniu. Jest tu pewna analogia do tworzenia granicy efektywnej przy wyborze portfeli inwestycyjnych. W analizowanym przypadku były cztery takie mierniki (rys. 3). Spośród tych czterech mierników zostanie wybrany finalny reprezentant i na podstawie jego wartości dokonane zostanie liniowe uporządkowanie giełd od najlepszej do najgorszej (w sensie przyjętych kryteriów).



Rys. 3. Zredukowany zbiór mierników taksonomicznych

Źródło: Opracowanie własne.

[15] Tj., średnia i odchylenie standardowe wartości poszczególnych wierszy macierzy (może być średnia i odchylenie wartości poszczególnych kolumn, gdyż macierz współczynników korelacji Spearmana jest symetryczna).

Wybór finalnego reprezentanta (miernika taksonomicznego) zostanie dokonany spośród zbioru czterech mierników: {TMAI 227, TMAI 340, TMAI 762, TMAI 978}. Podobnie jak w przypadku wyboru portfela inwestycyjnego z granicy efektywnej, tak i tutaj nie istnieje jedno, uniwersalne rozwiązanie (wybór jednego miernika). Z uwagi na to, że mierniki taksonomiczne często są wykorzystywane jednocześnie do tworzenia rankingów i identyfikacji grup obiektów podobnych pod względem wartości miernika, kryterium wyboru zastosowanym w drugim etapie będzie ocena zdolności dyskryminacyjnej uzyskanych mierników. Finalnie, jako reprezentant wybrany zostanie ten miernik, dla którego współczynnik *G* Sokołowskiego będzie miał maksymalną wartość. Współczynnik ten wyznaczany jest zgodnie ze wzorem:

$G = 1 - \sum_{i=1}^{n-1} min\left\{\frac{TMAI_i - TMAI_{i+1}}{R}, \frac{1}{n-1}\right\}$, $R = max_i\{TMAI_i\} - min_i\{TMAI_i\}$, gdzie $TMAI_i$, $TMAI_{i+1}$ – uporządkowane malejąco wartości miernika TMAI. Im wartość współczynnika Sokołowskiego wyższa tym wyższa zdolność miernika taksonomicznego do grupowania[16].

Wartości współczynnika Sokołowskiego dla mierników o numerach 227, 340, 762 i 978 wyniosły odpowiednio: 0,4015; 0,4587; 0,4645; 0,4393. Największa wartość współczynnika Sokołowskiego charakteryzowała miernik nr 762, który został wybrany jako finalne rozwiązanie postawionego problemu wyboru jednego miernika spośród tysiąca analizowanych. Wagi zmiennych diagnostycznych tego miernika wyniosły: w_1= 0,1349; w_2= 0,1629; w_3= 0,1708; w_4= 0,1936; w_5= 0,1561; w_6= 0,1817. W analizowanym przypadku był to jednocześnie miernik o największej średniej wartości współczynników korelacji Spearmana, aczkolwiek nie jest to regułą (tzn. nie zawsze miernik charakteryzujący się najwyższą wartością współczynnika Sokołowskiego będzie jednocześnie miernikiem o najwyższej przeciętnej wartości współczynników korelacji Spearmana).

Identyfikacja grup giełd podobnych pod względem wartości TMAI

W pracach poruszających zagadnienie grupowania obiektów pod względem wartości miernika taksonomicznego bardzo często wykorzystywany jest podział na cztery grupy wg średniej i odchylenia standardowego miernika[17]. Tutaj do identyfikacji grup giełd podobnych pod względem wartości TMAI 762 w pierwszej kolejności wykorzystana została metoda Warda[18]. Giełdy grupowano w oparciu o wartości jednej zmiennej, tzn. TMAI 762. Rys. 4 przedstawia uzyskany dendrogram, na którym wyraźnie uwidocznił się podział giełd na trzy grupy. Średni wskaźnik tzw. sylwetki (ang. Silhouette) dla całej zbiorowości wyniósł 0,52, co sugerowało dobry podział na grupy[19]. Jednakże wskaźniki sylwetki dla niektórych giełd były ujemne, co wskazywało na przypisanie ich do niewłaściwej grupy. W tej sytuacji „dostrojono" wyniki grupowania wykorzystując metodę k-średnich[20] i wyznaczone centroidy na podstawie metody Warda. Dla tak uzyskanego podziału średni wskaźnik sylwetki dla całej zbiorowości wyniósł 0,58 a wskaźniki dla poszczególnych giełd były dodatnie (rys. 5). Na rys. 5 na osi X wskazano numery porządkowe giełd zamiast ich nazw z uwagi na czytelność wykresu.

---

[16] E. Roszkowska, R. Lasakevic, T*aksonomiczna analiza zróżnicowania rozwoju rynku pracy na Litwie w latach 2004 – 2014*, Optimum. Studia Ekonomiczne nr 6(90), 2017, s. 46

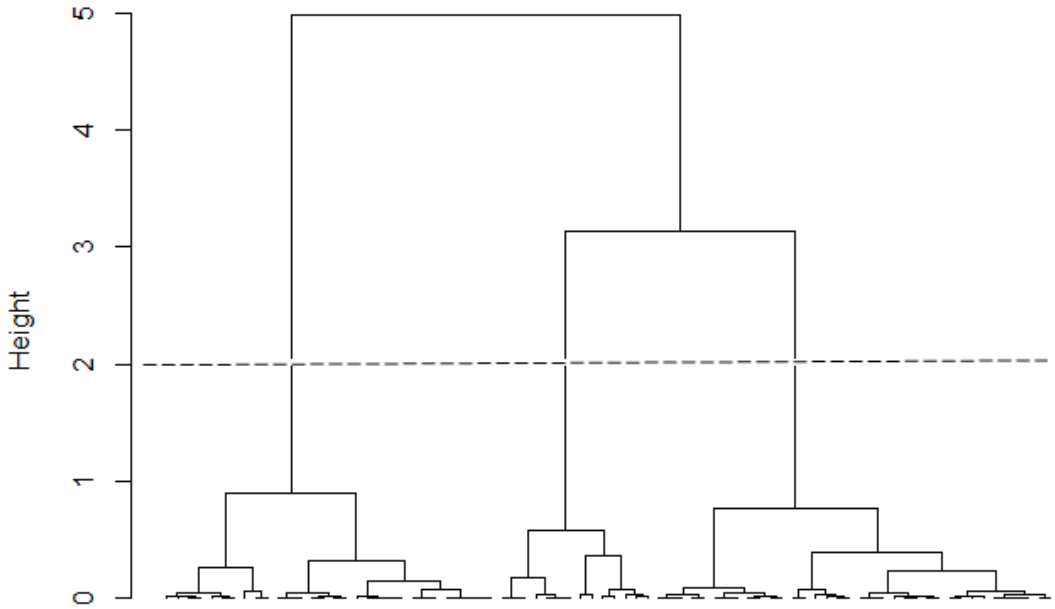
[17] Podział ten przedstawiony jest np. w pracy: K. Kompa, D. Witkowska, *Comparison of European Capital Markets*, Acta Scientarum Polonurum Oeconomia 15(1), 2016, s. 30

[18] Metody grupowania hierarchicznego, w tym metoda Warda, zostały przedstawione m. in.: w pracach: K. Kądziołka, *Zastosowanie strategii portfelowych do inwestycji w kryptowaluty*, Firma i Rynek, 2017(51), 107-116; K. Kądziołka, *Zastosowanie metod grupowania hierarchicznego w strategiach portfelowych*, Firma i Rynek, 2018(53), 115-124. Propozycja wykorzystania grupowania hierarchicznego do identyfikacji jednorodnych grup obiektów (krajów) pod względem poziomu rozwoju społeczno – ekonomicznego została zaproponowana wcześniej w pracy: P. Babiarz, T. Grabiński, A. Migała – Warchoł, E. Szczygieł, *The application of customized human development index to the analysis of socio – economic development of the European Union member state*s, Economics and Sociology, 2018, 11(4), s. 340, jednakże na chwilę obecną najczęściej stosowany jest wspomniany podział na cztery grupy wg średniej i odchylenia standardowego miernika taksonomicznego.

[19] Por. B. Prus, K. Król, *Ocena zastosowania wybranych metod taksonomicznych do klasyfikacji zjawisk społeczno-gospodarczych*, Acta Scientarum Polonurum Formatio Circumiectus, 16(2), 2017, s. 187

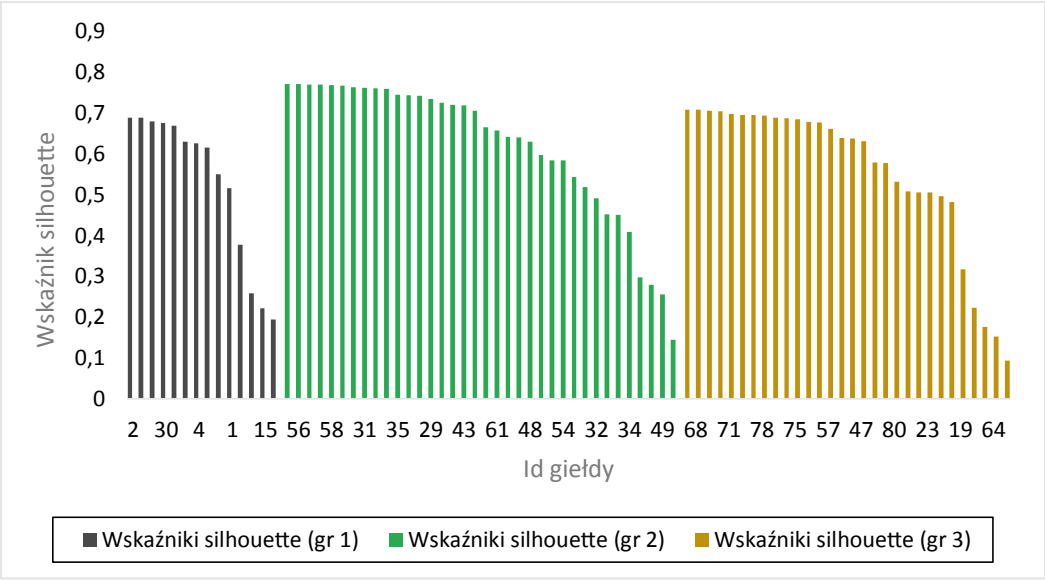
[20] Dostępnych jest wiele wariantów algorytmu k-średnich. W niniejszej pracy wykorzystano algorytm Lloyda, opisany m. in. przez L. Morissette i S. Chartier, *The k – means clustering technique: General considerations and implementation in Mathematica*, Tutorials in Quantitative Methods for Psychology, vol. 9(1), 15-24

Nr porządkowy giełdy został wskazany w tabeli 1 w nawiasie obok nazwy giełdy. Dane na rys. 5 zostały posortowane wg malejących wartości wskaźników silhouette dla giełd poszczególnych grup.



Rys. 4. Podział giełd na grupy wg dendrogramu

Źródło: Opracowanie własne.



Rys. 5. Wskaźniki sylwetki (metoda Warda połączona z metodą k-średnich)

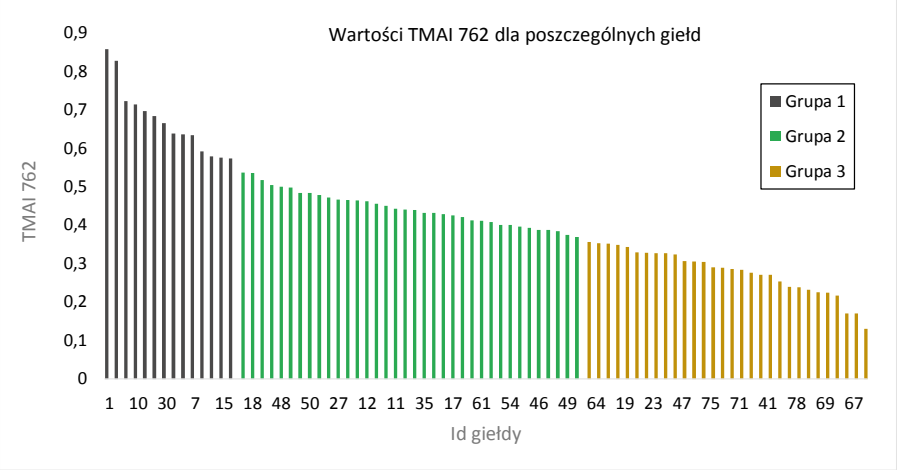
Źródło: Opracowanie własne.

Tabela 1 przedstawia wartości TMAI 762 dla analizowanych giełd wraz z ich przypisaniem do grupy uzyskanej w wyniku zastosowania połączenia metody Warda z metodą k-średnich. Rys. 6 przedstawia wartości TMAI 762 dla giełd z poszczególnych grup. Rys. 7 przedstawia średnie wartości TMAI 762 i jego składowych dla poszczególnych grup. Giełdy z grupy 1 charakteryzowały się przeciętnie najwyższymi wartościami TMAI 762 i jego składowych, z kolei dla giełd z grupy 3 przeciętne wartości TMAI 762 i jego składowych były najniższe.

Tabela 1. Wartości TMAI 762 dla poszczególnych giełd

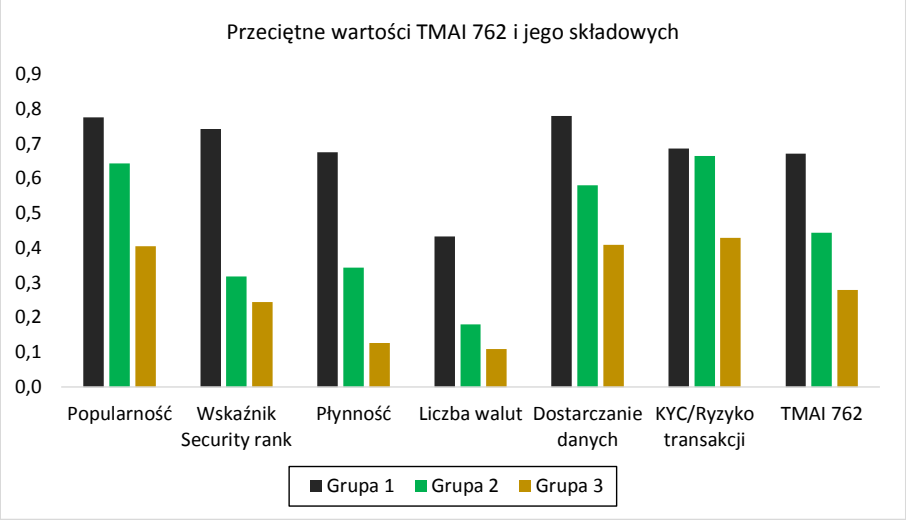
Poz.	Giełda	TMAI 762	Grupa	Poz.	Giełda	TMAI 762	Grupa
1	Binance (1)	0,8576	1	41	EXMO (21)	0,4082	2
2	HitBTC (33)	0,8276	1	42	CoinTiger (44)	0,4005	2
3	Gate.io (8)	0,7229	1	43	STEX (54)	0,4005	2
4	OKEx (10)	0,7136	1	44	Coinone (45)	0,3959	2
5	KuCoin (2)	0,6963	1	45	CEX.IO (22)	0,3934	2
6	Coinbase Pro (6)	0,6837	1	46	BitBay (46)	0,3875	2
7	Huobi Global (30)	0,6656	1	47	BtcTurk PRO (13)	0,3875	2
8	Poloniex (9)	0,6382	1	48	Coincheck (34)	0,3843	2
9	Binance US (4)	0,6366	1	49	Independent Reserve (49)	0,3746	2
10	Bitfinex (7)	0,6339	1	50	BTC-Alpha (53)	0,3688	2
11	Kraken (3)	0,5920	1	51	BTCMarkets (39)	0,3559	3
12	Gemini (5)	0,5790	1	52	Exrates (64)	0,3530	3
13	Bittrex (15)	0,5758	1	53	eToroX (40)	0,3518	3
14	FTX (16)	0,5737	1	54	Bitpanda Pro (26)	0,3491	3
15	ZB (28)	0,5373	2	55	Zaif (19)	0,3429	3
16	Liquid (18)	0,5358	2	56	Livecoin (52)	0,3292	3
17	Coinsbit (32)	0,5174	2	57	CoinJar Exchange (66)	0,3278	3
18	Bitcoin.com (63)	0,5045	2	58	Bitkub (23)	0,3267	3
19	Currency.com (48)	0,4998	2	59	CoinEx (77)	0,3267	3
20	ZBG (51)	0,4979	2	60	Bleutrade (80)	0,3233	3
21	Upbit (43)	0,4842	2	61	GoPax (47)	0,3065	3
22	BW.com (50)	0,4839	2	62	Coindeal (36)	0,3053	3
23	Digifinex (62)	0,4785	2	63	Bitso (25)	0,3049	3
24	P2PB2B (31)	0,4716	2	64	Bgogo (75)	0,2908	3
25	Coinfloor (27)	0,4670	2	65	DSX Global (76)	0,2892	3
26	AAX (55)	0,4651	2	66	BTCBOX (73)	0,2857	3
27	Bitstamp (14)	0,4644	2	67	FatBTC (71)	0,2843	3
28	BitMax (12)	0,4620	2	68	Lykke (79)	0,2759	3
29	Coinfield (56)	0,4559	2	69	Coinfalcon (68)	0,2714	3
30	itBit (58)	0,4508	2	70	Kuna Exchange (41)	0,2708	3
31	BigONE (11)	0,4431	2	71	CoinAll (59)	0,2540	3
32	Luno (24)	0,4403	2	72	EXX (65)	0,2394	3
33	CoinBene (70)	0,4396	2	73	BCEX (78)	0,2384	3
34	BitMart (35)	0,4321	2	74	Korbit (37)	0,2318	3
35	Bitbank (20)	0,4315	2	75	LakeBTC (60)	0,2257	3
36	Lbank (29)	0,4285	2	76	Catex (69)	0,2250	3
37	bitFlyer (17)	0,4260	2	77	Tidex (57)	0,2170	3
38	TheRockTrading (42)	0,4208	2	78	TokensNet (74)	0,1707	3
39	OKCoin (38)	0,4125	2	79	BITEXBOOK (67)	0,1699	3
40	Graviex (61)	0,4111	2	80	CBX (72)	0,1300	3

Źródło: Opracowanie własne.



Rys. 6. Wartości TMAI 762 dla analizowanych giełd

Źródło: Opracowanie własne.

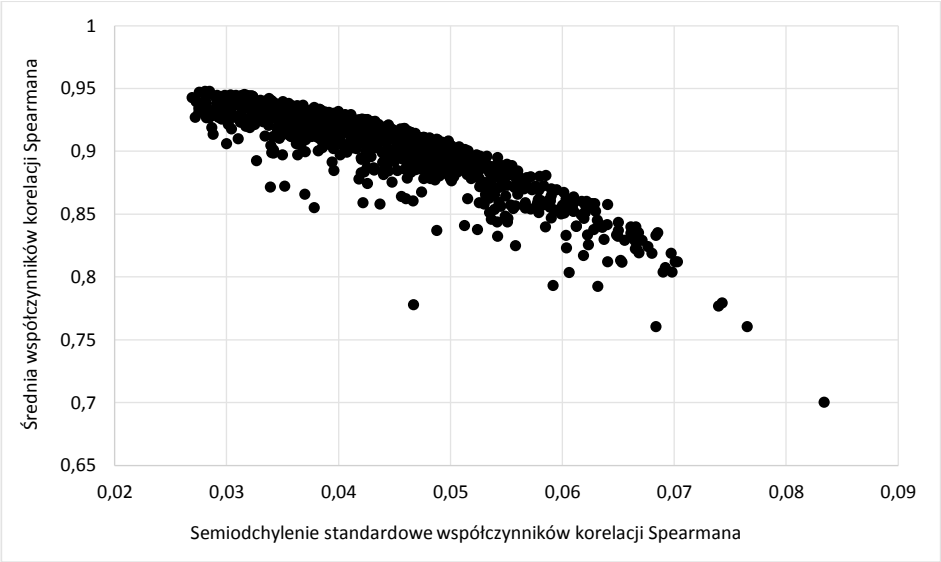


Rys. 7. Przeciętne wartości TMAI 762 i jego składowych w poszczególnych grupach

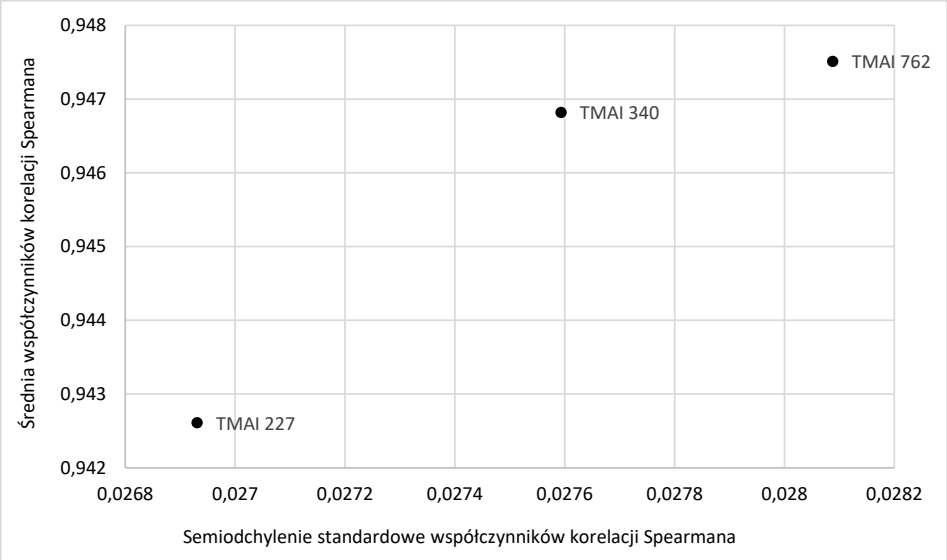
Źródło: Opracowanie własne.

Inny wariant zaproponowanej metody

Zaproponowana metoda wyboru miernika taksonomicznego spośród wielu jego wariantów stanowi pewną analogię do procedury wyboru portfela z granicy efektywnej. W pierwszym etapie dokonano selekcji mierników na podstawie średniej i odchylenia standardowego współczynników korelacji Spearmana. Jednakże odchylenie standardowe uwzględnia zarówno odchylenia dodatnie, jak i ujemne od średniej. W innym wariancie przedstawionej metody, zamiast odchylenia standardowego można wykorzystać semiodchylenie standardowe współczynników korelacji Spearmana, które mierzy tylko ujemne odchylenia od wartości średniej, gdyż w analizowanym zagadnieniu odchylenia dodatnie są pozytywnym zjawiskiem, tj. im wyższy współczynnik korelacji Spearmana tym zgodność uporządkowania obiektów wg różnych rankingów jest wyższa. Rys. 8 i 9 przedstawiają dla analizowanego przykładu odpowiednio mapę semiodchylenie standardowe – średnia współczynników korelacji Spearmana oraz zredukowany zbiór mierników, spośród których należy dokonać finalnego wyboru reprezentanta. W tym przypadku finalnego wyboru miernika dokonano spośród trzech mierników. W analizowanym przykładzie, stosując to samo kryterium w drugim etapie (tj. wybór w oparciu o wartość współczynnika Sokołowskiego), uzyskanoby takie samo rozwiązanie jak w sytuacji odchylenia standardowego, tj. miernik TMAI 762.



Rys. 8. Średnia i semiodchylenie standardowe współczynników korelacji Spearmana
Źródło: Opracowanie własne.



Rys. 9. Zredukowany zbiór mierników taksonomicznych
Źródło: Opracowanie własne.

Podsumowanie

W pracy zaproponowano metodę wyboru miernika taksonomicznego opisującego analizowane zjawisko, w przypadku, gdy mamy wiele różnych jego wariantów, które są akceptowane przez badacza. Jako finalne kryterium wyboru można wykorzystać inne warunki niż zaproponowana maksymalna wartość współczynnika Sokołowskiego, np. maksymalna wartość średniej współczynników korelacji Spearmana, minimalna wartość ich (semi)odchylenia standardowego, minimalna suma odległości od innych mierników mierzona w przestrzeni dwuwymiarowej ((semi)odchylenie standardowe – średnia współczynników korelacji Spearmana) czy maksymalna przeciętna wartość wskaźnika podobieństwa struktur wag z innymi miernikami. Podobnie jak w przypadku wyboru portfela inwestycyjnego z granicy efektywnej tak i tutaj brak jest jednej uniwersalnej metody wyboru finalnego reprezentanta a różne metody mogą prowadzić do różnych wyników. Niemniej jednak wydaje się, że już samo sporządzenie mapy obrazującej wartość średnią miary podobieństwa rankingów i jej zróżnicowania może stanowić pomocne narzędzie, pozwalające odrzucić

z dalszych rozważań mierniki, dla których istnieją inne mierniki (wśród wstępnie zaakceptowanych przez badacza) charakteryzujące się wyższą zgodnością uporządkowania obiektów i mniejszym jej zróżnicowaniem. Wykorzystanie metody grupowania hierarchicznego do identyfikacji giełd podobnych pod względem wartości miernika taksonomicznego umożliwiło ich podział na taką liczbę grup, jaka wyraźnie uwidoczniła się na dendrogramie. Z kolei dalsza optymalizacja podziału (uzyskanego metodą Warda) z wykorzystaniem metody k-średniej przyczyniła się do poprawy jakości grupowania.

Bibliografia

- Babiarz P., Grabiński T., Migała – Warchoł A., Szczygieł E., *The application of customized human development index to the analysis of socio – economic development of the European Union member states*, Economics and Sociology, 11(4), 2018, doi: 10.14254/2071-789X.2018/11-4/22
- Dmitruk J., Gawinecki J., *Metody wielowymiarowej analizy porównawczej – budowa i zastosowanie*, Biuletyn WAT, vol. LXVI, nr 4, 2017
- Janc K., *Transfer wiedzy w rolnictwie a serwisy internetowe – przykład eksploracji danych sieciowych*, Roczniki Naukowe Ekonomii Rolnictwa i Rozwoju Obszarów Wiejskich, t. 102, z. 1, 2015
- Kądziołka K., *Ocena atrakcyjności inwestycji na giełdach Bitcoin z wykorzystaniem miernika taksonomicznego*, Przestrzeń, Ekonomia, Społeczeństwo nr 9/I, 2016
- Kądziołka K., *Zastosowanie strategii portfelowych do inwestycji w kryptowaluty*, Firma i Rynek, nr 51, 2017
- Kądziołka K., *Zastosowanie metod grupowania hierarchicznego w strategiach portfelowych*, Firma i Rynek, nr 53, 2018
- Kądziołka K., *A Proposal of Data – Driven Method for Determining the Weights of Composite Indicators*, przyjęte do druku w czasopiśmie Ekonometria. Advances in Applied Data Analysis, 25(1), 2021
- Kompa K., Witkowska D., *Comparison of European Stock Exchanges One – and Multi- Dimensional Analysis*, Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences, vol 4(S1), 2014
- Kompa K., Witkowska D., *Comparison of European Capital Markets*, Acta Scientarum Polonurum Oeconomia 15(1), 2016
- Król K., *Jakość witryn internetowych gospodarstw agroturystycznych małopolski według wybranych miar syntetycznych*, Organizacja i Zarządzanie z. 102, 2017
- Kukuła K., Luty L., P*ropozycja procedury wspomagającej wybór metody porządkowania liniowego*, Przegląd Statystyczny, R. LXII, Zeszyt 2, 2015
- Kukuła K., Luty L., *Jeszcze o procedurze wyboru metody porządkowania liniowego*, Przegląd Statystyczny, R. LXIV, Zeszyt 2, 2017
- Łuniewska M., Tarczyński W., *Metody wielowymiarowej analizy porównawczej na rynku kapitałowym*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2006
- Mastalerz – Kodzis A., Pośpiech E., *Zastosowanie wybranych elementów analizy fundamentalnej do wyznaczania portfeli optymalnych*, Studia Ekonomiczne Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach nr 146, 2013
- Młodak A., Analiza taksonomiczna w statystyce regionalnej, Difin, Warszawa, 2006
- Morissette L., Chartier S., *The k – means clustering technique: General considerations and implementation in Mathematica, Tutorials in Quantitative Methods for Psychology*, vol. 9(1), 2013, doi: 10.20982/tqmp.09.1.p015
- Prus B., Król K., *Ocena zastosowania wybranych metod taksonomicznych do klasyfikacji zjawisk społeczno-gospodarczych*, Acta Scientarum Polonurum Formatio Circumiectus, 16(2), 2017
- Tarczyński W., *Ocena efektywności metod analizy portfelowej na Giełdzie Papierów Wartościowych w Warszawie za lata 2001–2013*, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego nr 761, 2013
- Tarczyński W., *Ocena różnych wariantów fundamentalnego portfela papierów wartościowych*, Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu nr 371, 2014
- Roszkowska E., Lasakevic R., *Taksonomiczna analiza zróżnicowania rozwoju rynku pracy na Litwie w latach 2004 – 2014*, Optimum. Studia Ekonomiczne nr 6(90), 2017

- Zielińska – Sitkiewicz M., *Zastosowanie wybranych mierników syntetycznych do klasyfikacji spółek przemysłu materiałów budowlanych notowanych na GWP w Warszawie*, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego nr 75, 2015
- www.coingecko.com
- www.coinmarketcap.com
- www.cryptocompare.com

A proposal of the method supporting the selection of a composite indicator on the example of the assessment of attractiveness of cryptocurrency exchanges

Summary

The aim of work is to propose a method for selection the final taxonomic measure from many its variants accepted by the researcher. The idea of the method is to choose the representative in such a way that the ranking obtained by the use of the taxonomic measure is strong similar to other rankings. The proposed method takes into account both similarity of rankings and the discrimination ability of the taxonomic measure. There was also proposed to use combined Ward's method with k-means algorithm to identify groups of cryptocurrency exchanges with similar level of the taxonomic measure. The hybrid clustering method allowed to obtain higher clustering quality than Ward's method.

Keywords

cryptocurrency exchanges, taxonomic measure, composite indicator, hierarchical clustering, Ward's method, k-means, linear ordering