

Warsaw University of Life Sciences – SGGW
Institute of Economics and Finance
Department of Econometrics and Statistics

**QUANTITATIVE METHODS
IN ECONOMICS**

**METODY ILOŚCIOWE W BADANIACH
EKONOMICZNYCH**

Volume XXIV, No. 2

Warsaw 2023

EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief: Bolesław Borkowski

Vice-Editor-in-Chief: Hanna Dudek

Managing Editors: Michał Gostkowski, Grzegorz Koszela

Theme Editors:

Econometrics: Bolesław Borkowski

Multidimensional Data Analysis: Wiesław Szczesny

Mathematical Economy: Zbigniew Binderman

Analysis of Labour Market: Joanna Landmesser-Rusek

Financial Engineering: Monika Krawiec

Data Science: Michał Gostkowski

Theory of Risk: Marek Andrzej Kociński

Statistical Editor: Wojciech Zieliński

Technical Editors: Jolanta Kotlarska, Elżbieta Saganowska

Language Editor: Agata Cienkusz

Native Speaker: Yochanan Shachmurove

Editorial Assistant: Łukasz Pietrych

SCIENTIFIC BOARD

Adnene Ajimi (University of Sousse, Tunisia)

Heni Boubaker (University of Sousse, Tunisia)

Peter Friedrich (University of Tartu, Estonia)

Paolo Gajo (University of Florence, Italy)

Agnieszka Gehringer (University of Göttingen, Germany)

Anna Maria Gil-Lafuente (University of Barcelona, Spain)

Jaime Gil-Lafuente (University of Barcelona, Spain)

Vasile Glavan (Moldova State University, Moldova)

Francesca Greselin (University of Milano-Bicocca, Italy)

Ana Kapaj (Agriculture University of Tirana, Albania)

Jirawan Kitchaicharoen (Chiang Mai University, Thailand)

Yuriy Kondratenko (Black Sea State University, Ukraine)

Vassilis Kostoglou (Alexander Technological Educational Institute of Thessaloniki, Greece)

Karol Kukula (University of Agriculture in Krakow, Poland)

Kesra Nermend (University of Szczecin, Poland)

Nikolas N. Olenev (Russian Academy of Sciences, Russia)

Alexander N. Prokopenya (Brest State Technical University, Belarus)

Yochanan Shachmurove (The City College of The City University of New York, USA)

Mirbulat B. Sikhov (al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan)

Marina Z. Solesvik (Nord University, Norway)

Ewa Syczewska (Warsaw School of Economics, Poland)

Achille Vernizzi (University of Milan, Italy)

Andrzej Wiatrak (University of Warsaw, Poland)

Dorota Witkowska (University of Lodz, Poland)

ISSN 2082-792X

e-ISSN 2543-8565

© Copyright by Department of Econometrics and Statistics WULS – SGGW
(Katedra Ekonometrii i Statystyki SGGW w Warszawie)

Warsaw 2023, Volume XXIV, No. 2

Journal homepage: <https://qme.sggw.edu.pl>

Published by Warsaw University of Life Sciences Press

CONTENTS

| | |
|--|----|
| Tomasz Woźniakowski, Magdalena Nowakowska – Maksymalizacja współczynnika GFP w produkcji napojów ekologicznych na podstawie danych z gospodarstw z województwa mazowieckiego | 57 |
| Przemysław Szczuciński – Wahania sezonowe zjawisk ekonomiczno-społecznych na obszarze województwa lubuskiego | 68 |
| Ryszard Szupiluk – Analiza składowych niezależnych na rynkach finansowych – możliwości i ograniczenia | 79 |
| Monika Krawiec – Charakterystyka, wycena i zastosowania wybranych opcji typu „wszystko albo nic” | 92 |

MAKSYMALIZACJA WSPÓŁCZYNNIKA GFP W PRODUKCJI NAPOJÓW EKOLOGICZNYCH NA PODSTAWIE DANYCH Z GOSPODARSTW Z WOJEWÓDZTWA MAZOWIECKIEGO

Tomasz Woźniakowski  <https://orcid.org/0000-0002-0779-4769>

Instytut Ekonomii i Finansów

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

e-mail: tomasz_wozniakowski@sggw.edu.pl

Magdalena Nowakowska

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Streszczenie: W artykule przedstawiono możliwość zastosowania współczynnika Good Food Print (GFP) dla oceny jakości żywności wytworzonej z produktów rolnictwa ekologicznego. Możliwość zastosowania miary GFP została przetestowana na rzeczywistych danych pochodzących z gospodarstw ekologicznych województwa mazowieckiego otrzymanych za pośrednictwem jednostki certyfikującej Agrobiotest.

Słowa kluczowe: miara agregatowa, rolnictwo ekologiczne, jakość, dobre praktyki, produkty ekologiczne

JEL classification: A12, B21, C52, C53, D22, M31

WSTĘP - CZYM JEST PRODUKCJA EKOLOGICZNA

Rolnictwo ekologiczne jest systemem uprawy wpływającym pozytywnie na środowisko naturalne, co z kolei przyczynia się do osiągnięcia szeroko rozumianych korzyści rolnośrodowiskowych. Metody uprawy roślin stosowane w ekorolnictwie w znacznie większym stopniu, w porównaniu z konwencjonalnym rolnictwem, uwzględniają wymagania ekologii. W rolnictwie ekologicznym wykluczano stosowanie nawozów mineralnych, syntetycznych środków ochrony roślin (pestycydów, fungicydów, herbicydów itd.), regulatorów wzrostu i syntetycznych dodatków do pasz. W celu zwalczania chwastów stosuje się właściwy

<https://doi.org/10.22630/MIBE.2023.24.2.4>

płodozmian, metody biologiczne i agrotechniczne. Stosuje się naturalne nawozy zielone, zwłaszcza z roślin motylkowatych, oraz nawozy naturalne pochodzenia zwierzęcego, takie jak obornik.

CEL PRACY, MATERIAŁ I METODYKA BADAŃ

Jedną z metod pozwalających konsumentowi na łatwą ocenę na ile dany produkt wyprodukowano zgodnie z zasadami produkcji ekologicznej jest zaproponowana przez T. Woźniakowskiego miara Good Food Print (GFP) Celem pracy jest przetestowanie GFP na realnych danych z gospodarstw ekologicznych.

Na podstawie danych na temat produkcji owsa, truskawek i jabłek w gospodarstwach ekologicznych na terenie województwa mazowieckiego w roku 2018 otrzymanych za pośrednictwem jednostki certyfikującej Agrobiotest chcemy wyznaczyć zależność pomiędzy współczynnikiem GFP określającym liczbę dobrych praktyk używanych w danym gospodarstwie, a wielkością produkcji spełniającej określone warunki nadzoru ekologicznego.

POPYT NA PRODUKTY EKOLOGICZNE

Rolnictwo ekologiczne jest też odpowiedzią na zmieniające się wymagania konsumentów. Konsumenty chcą mieć pewność że zakupiona żywność nie spowoduje żadnych problemów zdrowotnych a wręcz przyczyni się do poprawy stanu organizmu, chcą aby zakupione produkty posiadały walory smakowe. Rosnąca liczba wegetarian i wegan także przyczynia się do zwiększenia zainteresowania żywnością ekologiczną. Nie bez znaczenia są też obawy konsumentów związane z użyciem niedostatecznie przebadanych technologii, dopuszczonych do użytku w rolnictwie konwencjonalnym. Podnoszą się głosy że negatywny wpływ spożywania organizmów modyfikowanych genetycznie (GMO) będzie widoczny dopiero za kilka pokoleń.

Konsumpcja produktów ekologicznych widziana jest przez pryzmat wyższej jakości życia. Jeżeli klienci są świadomi korzyści płynących z ekologicznych produktów, chętniej płacą wyższe ceny za korzyści związane z ich konsumpcją. Wartości ekologiczne i zdrowotne produktów ekologicznych są ze sobą ściśle związane.

Cena produktu ekologicznego jest wyższa niż jego odpowiednika nieekologicznego, dostępnego na rynku. W przypadku żywności

ekologicznej produkcja jest pracochłonna. Plony ze względu na brak stosowania nawozów sztucznych i innych środków ochrony roślin są niższe niż w rolnictwie konwencjonalnym [Witek 2018].

Konsumenci często uważają, że tylko żywność wyprodukowana w warunkach naturalnych spełni ich oczekiwania. Chcą ją kupować mimo wyższej ceny i trudności w nabyciu. Z kolei specjaliści podkreślają, że negatywny wpływ na ceny mają rozciągnięte łańcuchy dystrybucji [NIK].

Konsument, sięgający po produkt oznakowany logo rolnictwa ekologicznego, powinien mieć pewność, że w pełni spełnia on wymogi dotyczące ich wytwarzania. Dlatego konieczne jest zapewnienie efektywnego systemu nadzoru nad produkcją ekologiczną. Nadzór i kontrola powinny być jednak prowadzone w taki sposób, aby nie stanowiły nadmiernego obciążenia dla producentów i aby nie stały się czynnikiem zniechęcającym do przystępowania do systemu [MRiRW].

Konsumenci chcą, aby ekologiczne były nie tylko surowe produkty, ale także, aby żywność przetworzona zapewniała, że wszystkie jej składniki są wyprodukowane naturalnie. W przypadku żywności przetworzonej mamy do czynienia z większą ilością składowych, których certyfikaty musielibyśmy samodzielnie sprawdzać. Koniecznym jest pewne zautomatyzowanie tego procesu weryfikacji. Tutaj przychodzi z pomocą zaproponowana przez T. Woźniakowskiego miara Good Food Print

BRAK MOŻLIWOŚCI OCENY ŻYWNOSTI EKOLOGICZNEJ PRZEZ KONSUMENTA

Przy pierwszym zakupie jakiegoś produktu ma miejsce dość znaczna asymetria wiedzy na temat produktu, konsumenci muszą zawierzyć oferentowi co do jakości wyrobu, przy kolejnych zakupach asymetria wiedzy jest już mniejsza. Konsument korzysta ze swojego wcześniejszego doświadczenia z danym produktem. Żywność ekologiczna jednak jest przykładem dobra, którego właściwości nie można w pełni ocenić, nawet w trakcie konsumpcji. Klient może określić walory smakowe czy zapachowe produktu, ale nie ma możliwości stwierdzenia, czy rzeczywiście był on wytworzony zgodnie z normami dla żywności ekologicznej. Dlatego jest zmuszony zawierzyć oświadczeniom producentów i dystrybutorów co do ekologicznego pochodzenia produktu. Aby ograniczyć niepewność stosuje się system certyfikacji produktów ekologicznych. Będzie on jednak skuteczny wtedy, gdy konsumenci będą dysponowali wiedzą na temat certyfikatów i oznaczeń obowiązujących na rynku. Jeżeli konsumenci nie

wiedzą, jak rozpoznać żywność ekologiczną, nie zdają sobie sprawy z tego, że jedynym wyznacznikiem ekologicznego pochodzenia jest certyfikat żywności ekologicznej, łatwo ulegają manipulacji ze strony dostawcy [Nestorowicz 2018].

Trudno jednak oczekiwać od końcowego użytkownika aby samodzielnie doszukiwał się informacji o szczegółach certyfikatów związanych z produktem. Zainteresowanie szczegółowymi informacjami może przejawiać producent żywności ekologicznej, który sprawdzi dostawców surowców dla produkowanej przez siebie żywności, dla zwykłego konsumenta który chce kupić niewielką ilość produktu procedura podejmowania decyzji powinna być prosta i nie zajmująca zbyt wiele czasu. Końcowy użytkownik nie będzie skłonny wciąż poszerzać swojej wiedzy na temat certyfikatów, jest to dla niego nieopłacalne i nieefektywne ekonomicznie, gdyż certyfikaty mogą się zmieniać w czasie.

MIARA AGREGATOWA GOOD FOOD PRINT

Ponieważ produkcja ekologiczna charakteryzuje się mniejszą skalą produkcji niż konwencjonalne gospodarstwa funkcjonuje na rynku duża liczba producentów żywności ekologicznej, w której trudno się orientować zarówno klientom indywidualnym jak i przetwórcom poszukującym dostawców surowców do wytwarzanej przez nich żywności ekologicznej.

Aby ułatwić orientację wśród wielości dostawców warto mieć narzędzie informatyczne, które pomoże w określeniu jak bardzo metody ekologicznego rolnictwa znalazły zastosowanie w przypadku określonej uprawy rolnej. Można wykorzystać zaproponowany przez T. Woźniakowskiego współczynnik GFP (Good Food Print), który określa liczbę potwierdzonych właściwymi certyfikatami zastosowanych w danej uprawie ekologicznych praktyk

Przy ustalaniu poziomu wskaźnika wyliczana jest średnia ważona wartości cech dotyczących tego w jakim stopniu, w danym surowcu produkcji i w całym łańcuchu dostaw zastosowano dobre praktyki związane z żywnością ekologiczną. Założeniem głównym jest dostarczenie klientom przejrzystego i uczciwego systemu, uzupełniającego względem certyfikatów walidującego jakość i zgodność z najlepszymi praktykami produkcji ekologicznej.

Dla zdefiniowania wskaźnika GFP zostały wybrane cechy, które można zaliczyć do zbioru stymulant. Stymulanta jest zmienną, której większa wartość wskazuje na wyższy poziom zjawiska (obiektu), czyli

działa w sposób stymulujący rozwój. Oprócz tego ważne jest, aby zmienne diagnostyczne charakteryzowały się odpowiednią zmiennością i nie były silnie ze sobą skorelowane, aby nie „powielać” tych samych informacji. [Kompa 2009]

Zaproponowany przez T. Woźniakowskiego współczynnik umożliwia dostarczenie producentom narzędzia pozwalającego łatwiej dobierać dobrych poddostawców oraz skłaniającego ich do osiągnięcia perfekcji na każdym etapie produkcji [Woźniakowski 2018a].

Producent surowców ekologicznych, jako użytkownik systemu Good Food Print dostarcza źródeł, a także umieszcza samodzielnie dane pierwotne w systemie:

1. wprowadza swoje dane do systemu (podając swój certyfikat i KRS),
2. może wprowadzić swoich dostawców (opcjonalne, jeśli jego dostawcy sami tego nie zrobią), korzystając z KRS i numeru certyfikatu,
3. wprowadza produkt do systemu,
4. prowadzi rejestry, np. rejestr nawożenia upraw (RNU), dostarczając dane pierwotne do wyliczenia współczynnika GFP,
5. może udostępnić publicznie rejestry,
6. może ujawniać dodatkowe informacje dotyczące nawożenia i ochrony roślin (produkcja roślinna)[Woźniakowski 2018b].

Wyznaczanie wartości wskaźnika opiera się na następującym wzorze:

$$Gfp = \frac{99 \sum_{i=1}^k \left(a_i \frac{V_i}{Vb_i} \right) + k}{100k} * \sum_{i=1}^l Gfp(d)_i, \quad l > 0 \quad (1)$$

oraz

$$Gfp = \frac{\sum_{i=1}^k \left(a_i \frac{V_i}{Vb_i} \right)}{k}, \quad l = 0 \quad (2)$$

gdzie:

Gfp - wskaźnik Good Food Print przyjmujący wartości od ustalonej wartości minimalnej (większej od zera) do jeden. Wskaźnik określa stopień zastosowania dobrych praktyk w procesie produkcyjnym oraz w łańcuchu dostaw dla konkretnego produktu ekologicznego u konkretnego producenta,

V_i - wartość pomiaru i-tej cechy wskaźnika *Gfp* produktu producenta,

Vb_i - wartość bazowa (maksymalna) i-tej cechy wskaźnika *Gfp*,

a_i - waga i-tej cechy w przedziale 0 - 1,

k - liczba cech wskaźnika *Gfp*,

$Gfp(d)_i$ - wartość i -tego wskaźnika Gfp poddostawcy procesu produkcyjnego,
 l - liczba dostawców,
 Z - współczynnik „tłumienia”.

PRZYKŁADOWE DANE

Obliczenia zostały przeprowadzane na danych od 100 rolników ekologicznych, zajmujących się uprawą owsa, jabłek lub truskawek na terenie województwa mazowieckiego w 2018 r. Dla badanych gospodarstw został wyliczony współczynnik GFP, i zestawiony z ilością wyprodukowanej żywności. Przykładowy fragment badanych danych pokazany jest w tabeli 1.

Tabela 1. Przykład danych o wadze i jakości upraw

| Lp. | Nr certyfikatu | Owies (tony) | Jabłka (tony) | Truskawki (tony) | Nawożenie | Ochrona roślin | GFP |
|-----|-----------------|--------------|---------------|------------------|-----------|----------------|------|
| 1 | PL-EKO-07-04543 | 3,90 | | | 100 | 10 | 0,55 |
| 2 | PL-EKO-07-04689 | 1,00 | | | 10 | 40 | 0,25 |
| 3 | PL-EKO-07-13426 | 6,00 | | | 10 | 100 | 0,55 |
| 4 | PL-EKO-07-10059 | 2,00 | | | 10 | 10 | 0,10 |
| 5 | PL-EKO-07-10227 | | 0,50 | | 40 | 40 | 0,40 |
| 7 | PL-EKO-07-06203 | | | 0,70 | 100 | 40 | 0,70 |
| 8 | PL-EKO-07-07453 | 13,60 | | | 10 | 100 | 0,55 |
| 9 | PL-EKO-07-14002 | 2,00 | | | 40 | 10 | 0,25 |
| 10 | PL-EKO-07-04702 | | | 3,39 | 100 | 10 | 0,55 |
| 11 | PL-EKO-07-12173 | | 18,20 | | 40 | 40 | 0,40 |
| 12 | PL-EKO-07-11049 | | | 0,20 | 40 | 40 | 0,40 |
| 13 | PL-EKO-07-07440 | 1,00 | | | 40 | 100 | 0,70 |

Źródło: opracowanie własne

Licząc na podstawie zgromadzonych danych sumaryczną ilość surowca dla wartości GFP większej lub równej od wybranej otrzymujemy przedstawione w tabeli 2 zestawienie, które pokazuje, że maksymalny współczynnik potwierdza jakość niewielkiej ilości plonów.

Tabela 2. Sumaryczna wielkość upraw spełniająca warunki co najmniej określonej jakości (zgodnie z obliczony GFP)

| GFP >= | Owies (tony) | Jabłka (tony) | Truskawki (tony) |
|--------|--------------|---------------|------------------|
| 1,00 | 52,50 | 12,85 | 0,50 |
| 0,70 | 138,82 | 312,90 | 78,05 |
| 0,55 | 220,62 | 314,90 | 86,79 |
| 0,40 | 353,32 | 334,60 | 86,99 |
| 0,25 | 396,62 | 340,35 | 142,62 |
| 0,10 | 452,32 | 342,40 | 143,12 |

Źródło: opracowanie własne

Jeżeli chcielibyśmy mieć 100% pewność ekologicznego pochodzenia półproduktów, musielibyśmy brać pod uwagę tylko te składniki, które mają wszystkie możliwe certyfikaty, gdzie producent publikuje całość informacji o zastosowanych nawozach i środkach ochrony roślin. Duża grupa producentów spełnia część tych wymagań. W testowych danych na 100 dostawców tylko 8 ma współczynnik GFP=1, jest to 12,5% badanej próbki. Jeszcze mniejszy jest udział procentowy wagi plonów u rolników spełniających wszystkie wymagania, owies - 11,6% jabłka - 3,75%, truskawki - 0,3%. Widać wyraźnie jak mały jest procentowy udział produktów spełniających wszelkie wymogi wśród całości produktów rolnictwa ekologicznego. Ponieważ produkty ekologiczne stanowią wśród całej produkcji żywności niewielki udział, tym mniejszy jest w całej produkcji żywności procent tej, która posiada wszystkie możliwe certyfikaty. Należałoby trochę obniżyć kryteria. Można stwierdzić że obniżenie kryterium do $\geq 0,7$ spowodowało znaczny wzrost ilości produktów, dalsze obniżenie wymagań także skutkuje zwiększeniem, ale nie tak spektakularnym. Przejście z współczynnika 0,25 na 0,1 czyli najniższy możliwy daje już minimalne zwiększenie produkcji, co łatwo wytłumaczyć tym, że jeżeli rolnik w ogóle rozważy produkcję ekologiczną będzie starał się potwierdzić swoje zaangażowanie robiąc więcej niż tylko wymagane prawem deklaracje.

GFP W PRODUKTACH KOŃCOWYCH

Rozważmy przykładowy produkt napój truskawkowo-owsiany lub jabłkowo-owsiany powstały z wyżej omawianych produktów ekologicznych. Dla napoju składającego się z kilku składników

współczynnik GFP wyliczamy jako średnią ważoną GFP poszczególnych produktów

Załóżmy że napój, który chcemy wykonać zawiera równą wagowo ilość obu składników. Ponieważ na sumaryczny GFP wpływają współczynniki obu komponentów, ilość produktu o danym GFP może być większa niż wynikałoby z prostego pomnożenia masy przez dwa. Lepsza klasa jednego ze składników podnosi jakość całego produktu.

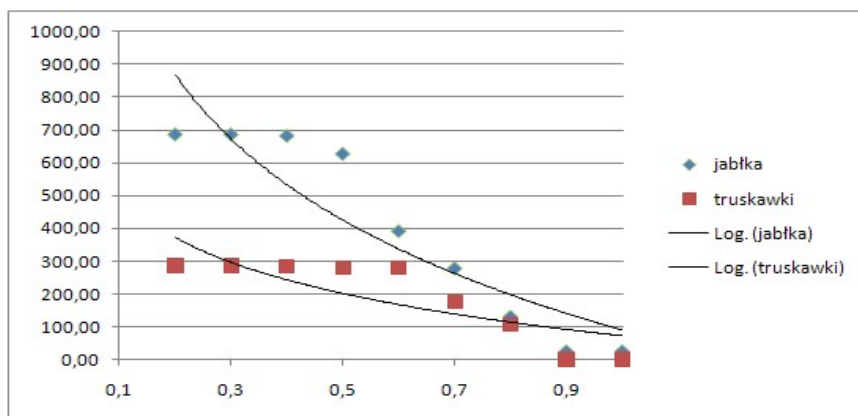
Tabela 3. Ilość napojów jak można wyprodukować dla określonego współczynnika GFP

| GFP | Napój jabłkowy | Napój truskawkowy |
|-----|----------------|-------------------|
| 1,0 | 25,70 | 1,00 |
| 0,9 | 25,70 | 1,00 |
| 0,8 | 130,70 | 106,00 |
| 0,7 | 277,64 | 174,98 |
| 0,6 | 391,14 | 278,98 |
| 0,5 | 625,80 | 278,98 |
| 0,4 | 680,70 | 285,24 |
| 0,3 | 684,80 | 286,24 |
| 0,2 | 684,80 | 286,24 |

Źródło: opracowanie własne

Zależność ilości wyprodukowanego napoju i współczynnika GFP można przedstawić na wykresie.

Rysunek 1. Zależność ilości produktu od GFP



Źródło: opracowanie własne

Jeżeli chcemy otrzymać produkt o najwyższej jakości, jakość poszczególnych składników musi być jak największa. Logarytmiczny charakter krzywej, która przybliży dane umieszczone na powyższym wykresie, pokazuje, że wielkość produkcji zwiększa się gwałtownie pomiędzy wartością GFP 0,9 a 0,5 a następnie stabilizuje.

PODSUMOWANIE

Kluczowe znaczenie w przetwórstwie ekologicznym ma surowiec, który zgodnie z obowiązującymi regulacjami, musi pochodzić z certyfikowanych upraw krajowych bądź z zagranicy. Wytworzony produkt musi zawierać 95% surowców ekologicznych, a pozostałe 5% mogą stanowić inne składniki dopuszczone do przetwórstwa. W przetwórstwie nie mogą być stosowane substancje wspomagające, takie jak barwniki, konserwanty i przeciwutleniacze. Mogą być stosowane metody mechaniczne, fizyczne i fermentacyjne, wyklucza się stosowanie napromieniowania żywności.

W 2016 roku przeprowadzono badania wśród przetwórców ekologicznych w celu określenia ich podstawowych charakterystyk oraz mocnych i słabych stron. Badania przeprowadzono wśród 75 przetwórców ekologicznych z wykorzystaniem standaryzowanego kwestionariusza ankietowego. Większość z badanych podmiotów, tj. 80% prowadziła jednocześnie przetwórstwo surowców ekologicznych oraz nieekologicznych. Niski poziom przetwórstwa znajduje odzwierciedlenie w zaopatrzeniu rynku żywności ekologicznej. Słabsze efekty w zakresie wykorzystania potencjału produkcyjnego są spowodowane, zdaniem przetwórców, niedostatecznym poziomem podaży surowców ekologicznych. Wskazane przez większość z nich dwie główne słabe strony dostaw surowców ekologicznych, to niedostateczna ilość surowca (70% wskazań) i brak ciągłości dostaw (60% wskazań). Zdecydowana większość przetwórców (82,4%) współpracowała z więcej niż trzema dostawcami, co było spowodowane trudnościami w pozyskaniu określonej ilości surowca od jednego producenta. [Łuczka 2017]

W świetle powyższego zasadnym staje się przyjęcie mniej restrykcyjnych kryteriów przy produkcji przetworów ekologicznych. Produkcja napojów, których współczynnik GFP wynosi 0,5 (dla napoju jabłkowo –owsianego) lub 0,6 (dla napoju truskawkowo-owsianego) pozwalałaby uzyskać znacząco większe ilości produktów niż przy przyjęciu wysokich kryteriów jakościowych, charakteryzujących się wymogiem

współczynnika $>0,8$. Jednocześnie dalsze obniżanie współczynnika jakości produktów mierzonej GFP nie przyniosłoby w badanej grupie dostawców zauważalnego zwiększenia produkcji, a mogłoby spowodować niechęć konsumentów.

Zwiększenie ilości wyprodukowanych ekologicznych produktów pozwala na planowanie zakrojonych na szeroką skalę działań marketingowych. Zapewnieniu ciągłości dostaw i stała obecność produktu na rynku pozwala na wytworzenie u konsumentów świadomości marki, co powinno przyczynić się do dalszego rozwoju rynku.

Współpraca z większą liczbą producentów-dostawców, nawet jeżeli nie spełniają oni wszystkich warunków rolnictwa ekologicznego w swojej działalności, daje oprócz zapewnienia ciągłości produkcji, możliwość zapewnienia stałego uśrednionego smaku i zapachu towarów. Chwilowe wahanie właściwości smakowych u jednego producenta ma mniejszy wpływ na właściwości organoleptyczne całej produkcji. Dopuszczenie do współpracy większej liczby producentów żywności z punktu widzenia przetwórcy daje korzyści, które mogą zrównoważyć mniejszą pewność ekologicznego pochodzenia wszystkich składników końcowego produktu.

BIBLIOGRAFIA

- Kompa K. (2009) Budowa mierników agregatowych do oceny poziomu rozwoju społeczno-gospodarczego. Zeszyty Naukowe SGGW, Ekonomia i Organizacja Gospodarki Żywnościowej, 74, 5-26.
- Łuczka W. (2017) Mocne i słabe strony przetwórstwa ekologicznego. Roczniki Naukowe Stowarzyszenia Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu, 18(5), 143-148.
- Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi. Przewodnik po rynku produktów ekologicznych. https://www.uzp.gov.pl/_data/assets/pdf_file/0021/36705/Przewodnik_EKO_2022.pdf [dostęp: 22.05.2023].
- Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi. Ramowy Plan Działań dla Żywności i Rolnictwa Ekologicznego w Polsce na lata 2014 – 2020.
- Nestorowicz R. (2018) Asymetria wiedzy a rozwój rynku żywności ekologicznej w Polsce. Handel Wewnętrzny, 5(376), 212-224.
- NIK (2018) Rolnictwo ekologiczne – niewykorzystywana szansa Polski [panel ekspertów]. <https://www.nik.gov.pl/aktualnosci/rolnictwo-ekologiczne-niewykorzystywana-szansa-polski-panel-ekspertow.html> [dostęp: 22.05.2023].
- Witek L. (2018) Ceny produktów ekologicznych a zachowania konsumentów. Handel Wewnętrzny, 3(374), 406-414.
- Woźniakowski T. (2018a) Good Food Print - The Concept of an IT System Tracking the Level of Good Practices Used in Organic Food Production Process and its Supply Chain. Acta Scientiarum Polonorum. Oeconomia, 17(2), 145-152. <https://doi.org/10.22630/ASPE.2018.17.2.30>

Woźniakowski T. (2018b) Miara agregatowa jako metoda systemu informatycznego dla rolnictwa ekologicznego. Roczniki Naukowe Stowarzyszenia Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu, 20(5), 231-236.

MAXIMIZING THE GFP FACTOR IN THE PRODUCTION
OF ORGANIC DRINKS BASED ON DATA FROM FARMS
IN THE MAZOWIECKIE VOIVODESHIP

Abstract: The article presents the possibility of using the Good Food Print (GFP) coefficient for evaluating the quality of food produced from organic farming products. The adoption of the GFP measure has been tested on real data from organic farms in the Mazowieckie Voivodeship obtained through the Agrobiotest certifier.

Keywords: aggregate measure, organic farming, quality, good practices, organic products

JEL classification: A12, B21, C52, C53, D22, M31

WAHANIA SEZONOWE ZJAWISK EKONOMICZNO-SPOŁECZNYCH NA OBSZARZE WOJEWÓDZTWA LUBUSKIEGO

Przemysław Szczuciński  <https://orcid.org/0000-0001-7796-579X>

Wydział Ekonomiczny

Akademia im. Jakuba z Paradyża w Gorzowie Wielkopolskim

e-mail: pszczucinski@ajp.edu.pl

Streszczenie: Artykuł ma charakter opisowo-poznawczy. Podjęto w nim próbę scharakteryzowania wahań sezonowych wybranych zjawisk ekonomiczno-społecznych w województwie lubuskim. Z wykorzystaniem metody Census I dokonano dekompozycji sezonowej szeregów czasowych produkcji sprzedanej przemysłu, liczby turystów korzystających z bazy noclegowej oraz liczby zdarzeń drogowych w regionie. Analizowano dane statystyczne o miesięcznej częstotliwości w okresie 2007-2022. Wyniki badań dowodzą, że wymienione zjawiska pozostają w regionie pod istotnym wpływem czynników sezonowych.

Słowa kluczowe: dekompozycja szeregów czasowych, sezonowość zjawisk, województwo lubuskie

JEL classification: C22, R11, R58

WSTĘP

W literaturze przedmiotu do opisu zmian zachodzących w gospodarkach województw używa się pojęcia rozwoju regionalnego. Pojęcie to rozumieć można jako proces ekonomiczno-społeczny, polegający na zwiększeniu produkcji dóbr i usług w regionie oraz towarzyszących temu zmian w sposobie, poziomie i jakości życia jego mieszkańców [Kosiedowski red. 2001]. Rozwój regionalny jest procesem zawierającym w swojej strukturze szeroki zbiór komponentów [Strahl red. 2006]. Do podstawowych z nich należą: gospodarka regionalna, jego mieszkańcy, regionalny ekosystem, infrastruktura oraz terytorium regionu.

Rozwój regionalny traktować można jako kategorię dynamiczną a zjawiska ekonomiczno-społeczne z nim związane, jako podlegające analizie zmian w czasie

<https://doi.org/10.22630/MIBE.2023.24.2.5>

[por. Kuciński 2010]. Analiza historyczna tych zjawisk niejednokrotnie wskazuje, że wiele z nich posiada swoją okresowość, wykazując mniej lub bardziej regularne wahania w czasie [Warżęła 2016]. Ze względu na okres ich trwania wymienia się następujące składniki w szeregu czasowym: cykliczne wahania koniunkturalne (długookresowe), wahania okresowe (sezonowe i krótkookresowe), tendencję rozwojową (trend) oraz wahania nieregularne (przypadkowe) [Makridakis i in. 1998].

Wpływ wahań sezonowych na gospodarkę i życie społeczne był przedmiotem licznych prac badawczych i teoretycznych. Wahania te definiuje się jako powtarzające się z roku na rok, periodycznie w tych samych jednostkach kalendarzowych regularne zmiany ilościowe [Sobczyk 1976]¹. Przyczyny wahań sezonowych można podzielić na czynniki o charakterze przyrodniczym, instytucjonalnym, zwyczajowym i prawnym. Wahania sezonowe w funkcjonowaniu regionu uwidaczniać się mogą w różnych branżach gospodarki oraz życiu społecznym. W przemyśle sezonowość wynikać może, bądź ze zmienności popytu na wytwarzane produkty (np. przemysł odzieżowy), bądź z okresowości dostaw surowca (np. przemysł cukrowniczy). Sezonowość rolnictwa wiąże się głównie z uprawą roślin, warzywnictwem i sadownictwem. Spowodowane to jest jej bezpośrednią zależnością od zmiennych warunków klimatycznych w poszczególnych porach roku. Sezonowość w handlu przejawia się w zmienności okresowej popytu i podaży. Wyrazem tego jest występowanie sezonów wiosenno-letniego i jesienno-zimowego oraz wzrostu sprzedaży towarów w okresach przedświątecznych. O periodycznym przebiegu zjawisk mówi się także odnosząc się do różnych zjawisk zachodzących w sferze społecznej [Szukalski 2020]. Zdeterminowana jest ona obok czynników przyrodniczo-klimatycznych także przez czynniki kulturowe. Wiąże się z nimi na przykład aktywność społeczna w poszczególnych porach roku, jak ma to miejsce w przypadku podejmowania kontaktów towarzyskich, wyjść do kina i teatru czy korzystania z Internetu.

W praktyce badawczej spotkać się można z wieloma analizami zmienności sezonowej różnych zjawisk na poziomie kraju i województw. Dotychczas w badaniach ogólnopolskich uwaga skupiona była między innymi na sezonowości: dynamiki sprzedaży detalicznej [Radziukiewicz 2005], cen skupu żywca baraniego [Hamulczuk 2003], zapotrzebowania na energię elektryczną [Malaska, Wachta 2015], zawieranych małżeństw i notowanych urodzeniach [Szukalski 2020]. Badania regionalne dotyczyły sezonowości: produkcji sprzedanej przemysłu, budownictwa, przewozów ładunków transportem kołowym i przeładunków w portach w województwie zachodniopomorskim [Rozkrut 2004], zatrudnienia

¹ Wahania sezonowe są więc szczególnym rodzajem wahań okresowych. W odróżnieniu od wahań krótkookresowych różnią się bowiem czasem trwania cyklu, który w przypadku tych drugich jest krótszy niż rok. Do wahań krótkookresowych zalicza się m.in. powtarzające się w cyklach dziennych, tygodniowych lub miesięcznych zmiany wydajności pracy czy obciążenia sieci energetycznej, itp. [Ibidem].

i poziomu wynagrodzeń w województwie łódzkim [Nyk 2012], wykorzystania bazy noclegowej w województwie opolskim [Puciato, Grabiński 2016].

Problematyka występowania wahań sezonowych w województwie lubuskim, nie była dotąd w literaturze poruszana. Dlatego też, jako cel artykułu przyjęto identyfikację zjawisk podlegających wahaniom sezonowym w badanym regionie. Postawiono hipotezę głoszącą, że czynniki sezonowe z różnym nasileniem wpływać mogą na przebieg poszczególnych zjawisk ekonomicznych i społecznych na jego terytorium. Analizę empiryczną przeprowadzono na podstawie danych pochodzących z wielu źródeł, obejmując nią okres 2007-2022.

METODA BADAWCZA SEZONOWOŚCI ZJAWISK

Podstawę badań sezonowości zjawisk ekonomiczno-społecznych stanowią dane empiryczne ujęte w szeregi chronologiczne, będące zbiorem obserwacji następujących po sobie w czasie [Makridakis i in. 1998]. Metody służące do wyodrębnienia poszczególnych składników szeregu czasowego nazywa się metodami jego dekompozycji [Warżala 2016]. Dekompozycji tej dokonać można za pomocą różnych procedur statystyczno-ekonometrycznych. Wśród nich wymienić można metody: klasyczną Census I, zmiennej sezonowości Census II, modelowania trendu ze zmiennymi zero-jedynkowymi, wyrównania wykładniczego, analizy widmowej Furiera, autoregresji średniej ruchomej w wersji SARIMA [zob. Cieślak red. 2004; Rabiej 2012].

Spośród powyższych metod, do badań wahań sezonowych zjawisk ekonomiczno-społecznych w województwie lubuskim, wybrano metodę Census I. Wskazuje się, że może być ona z powodzeniem stosowana do rozpoznawania siły i kierunku oddziaływania poszczególnych rodzajów wahań w szeregach czasowych w celach opisowo-poznawczych [Luszniewicz, Słaby 2001].

Zgodnie z metodą Census I modele opisujące relacje między poszczególnymi składnikami szeregu czasowego mogą mieć postać modeli addytywnych lub multiplikatywnych [Makridakis i in. 1998]. W sytuacji, gdy wahania sezonowe mają charakter addytywny, tzn. są stałe w czasie, model statystyczny zapisać można jako²:

$$Y_t = T_t + S_t + E_t, \quad (1)$$

gdzie: T_t - trend-cykl, S_t - składnik sezonowy, E_t - wahania nieregularne.

Alternatywnie, gdy wahania sezonowe nasilają się lub maleją proporcjonalnie do przebiegu trendu-cyklu mając charakter multiplikatywny, relacja między nimi dana jest jako:

² Jakkolwiek w teorii statystyki składnik trendu-cyklu jest niejednokrotnie rozdzielany na trend i cykliczne wahania koniunkturalne, to wskazuje się, że rozróżnienie to jest nieco sztuczne. Dlatego też większość procedur dekompozycji traktuje trend i cykl koniunkturalny jako jeden element zwany trendem-cyklem [zob. Ibidem].

$$Y_t = T_t \cdot S_t \cdot E_t. \quad (2)$$

Dekompozycja szeregu czasowego metodą Census I polega na mechanicznym wyodrębnieniu z niego poszczególnych elementów. Procedura analizy wahań sezonowych tą metodą obejmuje [Kot i in. 2007]:

1. Wstępne oszacowanie trendu-cyklu przy użyciu średniej ruchomej o długości równej okresowi wahań sezonowych. Jest to tzw. średnia chronologiczna, której wartość jest przyporządkowana środkowej obserwacji z szeregu stanowiącego podstawę jej obliczeń.
2. Wyeliminowanie z szeregu czasowego trendu-cyklu. W modelu addytywnym od wartości szeregu odejmowana jest średnia ruchoma, otrzymując różnice; w modelu multiplikatywnym oblicza się stosunki szeregu empirycznego i wartości wygładzonych.
3. Wyznaczenie surowych miar sezonowości. Przy waniach addytywnych wyznaczane są one jako średnie arytmetyczne z różnic dla jednoimiennych jednostek czasu; przy waniach multiplikatywnych są to średnie środkowe z obliczonych wcześniej stosunków dla tych jednostek. Średnie środkowe są to średnie liczone po wykluczeniu najmniejszej i największej wartości dla poszczególnych okresów.
4. Korektę mierników sezonowości. W ujęciu addytywnym od surowych składników sezonowości odejmuje się ich średnią i po tym zabiegu suma tych składników wynosi zero; w ujęciu multiplikatywnym wszystkie surowe wskaźniki sezonowości dzieli się przez ich średnią, w efekcie czego suma oczyszczonych wskaźników sezonowości równa jest liczbie podokresów cyklu.
5. Określenie szeregu czasowego wolnego od sezonowości. W przypadku wahań addytywnych od wartości empirycznych szeregu odejmuje się oczyszczone składniki sezonowości; w modelu multiplikatywnym odbywa się to przez wyliczenie ilorazów danych empirycznych i wartości oczyszczonych wskaźników sezonowości.
6. Ostateczne oszacowanie trendu-cyklu. W pakiecie Statistica dokonuje się tego przez wyrównanie szeregu pozbawionego sezonowości za pomocą tzw. 5-okresowej średniej ruchomej Hendersona, z wagami wynoszącymi [1,2,3,2,1]. Brakujące wartości średnich ważonych na początku i końcu szeregu uzupełniane są w drodze ekstrapolacji.
7. Wyodrębnienie wahań nieregularnych. Dla modelu addytywnego od wartości empirycznych odejmuje się oceny składników trendu-cyklu i wahań sezonowych; w przypadku modelu multiplikatywnego dzieli się je przez składniki trendu-cyklu i wahań sezonowych.

Dekompozycja sezonowa szeregów czasowych różnych zjawisk wymaga przy tym dysponowania danymi o charakterze miesięcznym, kwartalnym lub półrocznym. Dane takie dla badanego regionu publikowane są w Biuletynie statystycznym województwa lubuskiego, który wydawany jest przez Urząd Statystyczny w Zielonej Górze [2007-2023]. Wybrane informacje udostępniane są

także w Banku Danych Lokalnych GUS [2023]. Do źródeł które wykorzystano w analizie należą również publikacja Turystyka w województwie lubuskim [2010] oraz baza danych Komendy Głównej Policji [2023]. Różna jest przy tym dostępność, kompletność i porównywalność danych publikowanych w wyżej wymienionych źródłach.

WYNIKI BADAŃ SEZONOWOŚCI ZJAWISK W REGIONIE

Region odwzorowuje pewien wycinek przestrzeni ekonomicznej, w granicach której występują specyficzne czynniki, przejawy i efekty rozwoju regionalnego [Szewczuk i in. 2011]. W przypadku województwa lubuskiego jest to obszar obejmujący 13 988 km². Zgodnie ze stanem na koniec 2022 roku region liczy 979 976 mieszkańców [GUS 2023]. Posiada on dwie stolice, którymi są Gorzów Wlkp. i Zielona Góra. W miastach w regionie skoncentrowane jest 64,26% jego mieszkańców, gdy wsie zamieszkuje 35,74% ludności.

Badaniom sezonowości poddano, te zjawiska ekonomiczno-społeczne w regionie, dla których było możliwe zgromadzenie odpowiednich danych w okresie 2007-2022. W analizie wzięto pod uwagę: wartość produkcji sprzedanej przemysłu, liczbę turystów korzystających z bazy noclegowej oraz odnotowaną ilość zdarzeń drogowych w województwie. Do analizy wybrano wyróżnione wskaźniki, gdyż związane są one z funkcjonowaniem różnych sektorów gospodarki regionalnej: przemysłu, turystyki i transportu. Wyrażają one zarazem niektóre aktywności społeczne jego mieszkańców, jak planowanie i organizację wypoczynku czy uczestnictwo w ruchu drogowym. Badania przeprowadzono na podstawie szeregów czasowych o miesięcznej częstotliwości.

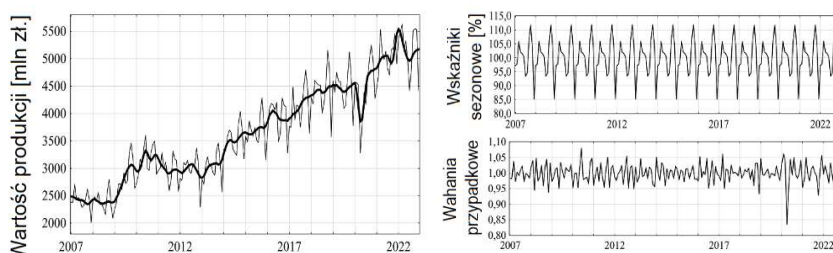
Jeden z głównych działów gospodarki województwa lubuskiego stanowi przemysł. Świadczy o tym wartość produkcji sprzedanej tego sektora, która w 2022 roku wyniosła łącznie 59 875,3 mln zł [US w Zielonej Górze 2023]. Zmienność zjawiska w kolejnych miesiącach badanego okresu zaprezentowano na rysunku 1. Na tle danych empirycznych przedstawiono wygładzony trend-cykl, przebieg wahań sezonowych oraz wahania przypadkowe.

Na wykresie uwidacznia się tendencja wzrostowa produkcji sprzedanej przemysłu w regionie w badanym okresie. W styczniu 2007 roku jej wartość sięgała 2 378,8 mln zł, by wzrosnąć do grudnia 2022 roku do 4 420,7 mln zł³. Przebieg trendu-cyklu wskazuje także na ożywienie w sektorze w latach 2009-2010, wyhamowanie w nim w 2020 roku oraz pewien impuls wzrostowy na przełomie lat 2021-2022. Zauważyć należy także występowanie wyraźnych wahań sezonowych. Ich amplituda jest proporcjonalna do trendu, co przemawia za

³ Dane wyrażono w cenach stałych z grudnia 2022 roku. Indeksowano je za pomocą wskaźników zmian cen produkcji sprzedanej przemysłu w kraju [<https://stat.gov.pl>].

zastosowaniem w analizie modelu multiplikatywnego. W związku z tym obliczono wartości wskaźników sezonowych, które podano w tabeli 1⁴.

Rysunek 1. Dekompozycja szeregu czasowego produkcji sprzedanej przemysłu w województwie lubuskim w latach 2007-2022



Źródło: obliczenia własne w programie Statistica, version 13

Tabela 1. Wartości wskaźników sezonowości zmiennej produkcja sprzedana przemysłu [%]

| I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
|-------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|
| 97,15 | 97,77 | 105,81 | 102,03 | 101,55 | 100,39 | 93,39 | 94,57 | 106,28 | 111,72 | 104,02 | 85,25 |

Źródło: obliczenia własne

Otrzymane wskaźniki potwierdzają wpływ czynnika sezonowego na wyniki w sektorze przemysłu w województwie. Informują, że wytworzona w sektorze produkcja waha się wobec trendu wynosząc od -14,75% jego wielkości w grudniu do +11,72% w październiku. Ujawnia się zarazem występowanie czterech okresów jej zmienności sezonowej: wzrost w okresie marzec-czerwiec, spadek w okresie lipiec-sierpień, ponowny wzrost w okresie wrzesień-listopad oraz ponowny spadek w okresie grudzień-luty. Wydaje się, że niższe wyniki w okresie lipiec-sierpień wiązać można z sezonem urlopowym, a w grudniu z koniecznością rozliczenia działalności na koniec roku. W analizie wahań nieregularnych zwraca uwagę odchylenie w kwietniu 2020 roku. Tłumaczyć je można szokiem, jaki był związany z pojawieniem się pandemii COVID-19 i wymogiem dostosowania się przedsiębiorstw do nowych warunków w gospodarce⁵.

Innym ze zjawisk, które ma także ważne znaczenie dla gospodarki regionu jest ruch turystyczny. Traktować go można jako jeden z czynników jej rozwoju, zwłaszcza na obszarach atrakcyjnych turystycznie [US w Zielonej Górze 2010].

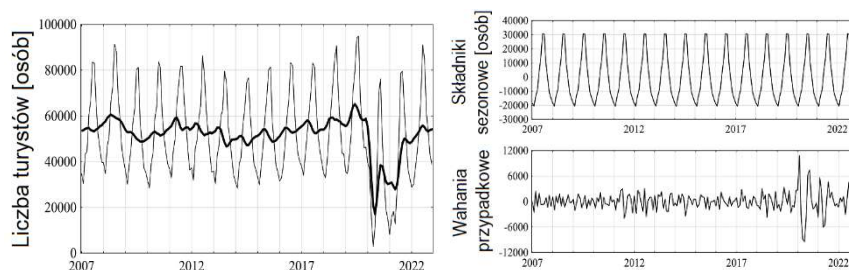
⁴ W programie Statistica wskaźniki oczyszczonej sezonowości multiplikatywnej podawane są w ujęciu procentowym. Wartości wyższe (lub niższe) od 100% mówią o ile przeciętnie wzrósł (lub spadł) poziom badanej zmiennej w danym podokresie cyklu na skutek działania czynnika sezonowego [Luszniewicz, Słaby 2001].

⁵ Tak duże wahania przypadkowe nazywane są niekiedy mianem wahań katastroficznych. Ich cechą szczególną jest to, że niosą za sobą skutki bardziej dotkliwe dla gospodarki niż typowe wahania nieregularne [zob. Warżala 2016].

Skalę ruchu turystycznego w województwie określa liczba 635 432 turystów, którzy w 2022 roku gościli w bazie noclegowej na jego terenie [GUS 2023]. Wyodrębnione składniki szeregu czasowego tej cechy przedstawia rysunek 2.

Wykres trendu-cyklu wskazuje na występowanie pewnych odmiennych tendencji w kształtowaniu się liczby turystów w regionie w badanym okresie. Pierwszą cechuje względna stabilizacja ruchu turystycznego na jego obszarze, która trwała do końca 2019 roku. Następnie występuje drastyczny spadek jego nasilenia w 2020 roku, po czym w latach 2021-2022 ma miejsce stopniowy wzrost liczby odwiedzających region. Uwidaczniają się także wahania sezonowe o stałej amplitudzie, co sugeruje, że właściwszym w ocenie zjawiska będzie model addytywny. Otrzymane na jego podstawie wartości składników sezonowych zawarto w tabeli 2⁶.

Rysunek 2. Dekompozycja szeregu czasowego liczby turystów korzystających z obiektów noclegowych w województwie lubuskim w latach 2007-2022



Źródło: obliczenia własne w programie Statistica, version 13

Tabela 2. Wartości składników sezonowości zmiennej liczba turystów [osób]

| I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|--------|--------|
| -18418 | -20682 | -13640 | -8928 | +3695 | +1333 | +3067 | +3037 | +1025 | -847 | -10807 | -15012 |

Źródło: obliczenia własne

Stwierdzić można, że ruch turystyczny w regionie pozostaje pod silnym oddziaływaniem wpływu czynnika sezonowego. Jego nasilenie zwiększa się wyraźnie od maja do września, wraz z poprawą warunków pogodowych i maleje wraz z ich pogorszeniem, od października do kwietnia. Swój szczyt osiąga on w okresie wakacyjno-urlopowym, tj. lipiec-sierpień, w którym to liczba turystów odwiedzających region wzrasta o 30,4 – 30,7 tys. powyżej poziomu trendu-cyklu. Najmniej korzystnymi pod tym względem są natomiast miesiące zimowe styczeń i luty, gdy liczba korzystających z bazy noclegowej spada poniżej jego poziomu

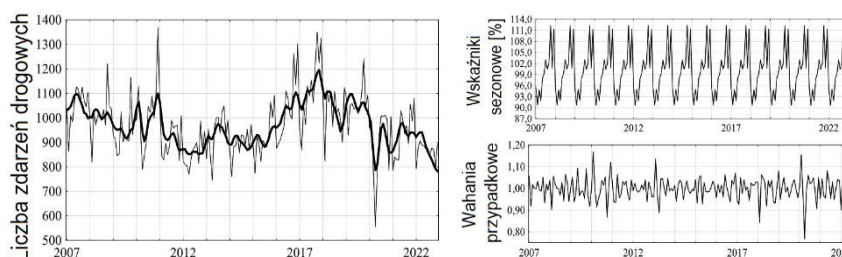
⁶ Wartości składników sezonowości addytywnej odpowiadają na pytanie, o ile w ujęciu absolutnym wzrósł (lub spadł) przeciętnie poziom badanej zmiennej w danym podokresie cyklu ze względu na działanie czynnika sezonowego [Luszniewicz, Słaby 2001].

odpowiednio o 18,4 i 20,7 tys⁷. Odbiegające od normy wahania przypadkowe na wykresie w okresie marzec-czerwiec 2020 oraz styczeń, kwiecień i maj 2021 tłumaczyć można nakładanymi w tym czasie obostrzeniami na funkcjonowanie hoteli w związku z nasilaniem się pandemii COVID-19 w kraju.

Czynnikiem integrującym różne poczynania społeczne i ekonomiczne w regionie jest transport, w tym motoryzacja indywidualna. Służy ona do zaspokojenia potrzeby mobilności społecznej, w takich celach jak: dojazdy do pracy, na zakupy, udział w imprezach kulturalnych, utrzymywanie więzi rodzinnych [Kuciaba i in. 2013]. Nieodłącznym zjawiskiem związanym z rozwojem motoryzacji, jest wzrost nasilenia ruchu drogowego, co z kolei wiąże się z mającymi miejsce zdarzeniami drogowymi. W województwie lubuskim w 2022 roku odnotowano łącznie 10 398 takich zdarzeń, tj. wypadków i kolizji. Wyniki delimitacji szeregu czasowego tego zjawiska odzwierciedla rysunek 3.

Przebieg trendu-cykladu charakteryzują naprzemiennie występujące po sobie spadki i wzrosty liczby zdarzeń drogowych w regionie. Wyraźnie wyższa okresowo jest ich liczba w latach: 2007, 2011, 2016, 2017 i 2019. Generalnie niższy ich poziom odnotować należy w latach: 2012, 2014, 2015, 2020 oraz 2022. Zaprezentowany szereg czasowy wykazuje także wahania o charakterze sezonowym. Do ich oceny właściwszy wydaje się model multiplikatywny. Obliczone na jego podstawie wartości wskaźników sezonowości zawiera tabela 3.

Rysunek 3. Dekompozycja szeregu czasowego liczby zdarzeń drogowych w województwie lubuskim w latach 2007-2022



Źródło: obliczenia własne w programie Statistica, version 13

Tabela 3. Wartości wskaźników sezonowości liczby zdarzeń drogowych [%]

| I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 95,43 | 90,70 | 94,91 | 91,89 | 97,95 | 99,27 | 102,93 | 100,42 | 101,99 | 112,31 | 100,80 | 111,34 |

Źródło: obliczenia własne

⁷ Dla porównania wyników obliczono także wartości wskaźników sezonowości dla liczby turystów na podstawie modelu multiplikatywnego. Dla okresu lipiec-sierpień wynosiły one 156,2-158,4%, w styczniu 64,5%, w lutym 59,0% wobec poziomem trendu-cykladu.

Wyniki wskazują, że sezonowy spadek liczby zdarzeń drogowych występuje z reguły w pierwszej połowie roku, a ich wzrost w drugiej. Zauważyć przy tym należy, że maksimum osiąga ona zwykle w październiku i grudniu. W miesiącach tych ich liczba wzrasta powyżej trendu-cyklu o 12,31% i 11,34%. Najmniej tego rodzaju zdarzeń notuje się w lutym i kwietniu. Ich liczba spada w tych miesiącach poniżej poziomu trendu-cyklu odpowiednio o 9,30% i 8,11%. W przebiegu wahań nieregularnych odbiegający od normy spadek w kwietniu 2020 roku, tłumaczyć można wprowadzeniem zakazu przemieszczania się w kraju w celu ograniczenia skutków pandemii COVID-19.

PODSUMOWANIE

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzić można, że w województwie lubuskim, tak jak ma to miejsce w innych regionach, występuje sezonowość takich zjawisk, jak produkcji sprzedanej przemysłu, wielkości ruchu turystycznego i notowanych zdarzeń drogowych [por. Rozkruit 2004; Nyk 2012; Puciato, Grabiński 2016]. Potwierdzić można zarazem hipotezę mówiącą, że czynniki sezonowe z różnym nasileniem wpływają na przebieg poszczególnych zjawisk w regionie. Jak wskazują wartości otrzymanych mierników sezonowości najsilniejszymi wahaniami okresowymi wśród nich charakteryzuje się liczba turystów korzystających z bazy noclegowej. Zmienna ta jest bowiem szczególnie zależna od czynnika atmosferyczno-pogodowego, który w sposób bezpośredni wpływa na aktywność społeczną i ruch turystyczny w ciągu roku w regionie. Stosunkowo mniejsze, aczkolwiek również istotne, są wahania sezonowe w kształtowaniu się dwóch pozostałych zmiennych na jego obszarze.

Każde z wziętych pod uwagę zjawisk charakteryzuje przy tym pewna niepowtarzalna w przypadku innych zjawisk cykliczność ich wahań w ciągu roku. Produkcja sprzedana przemysłu wzrasta w województwie lubuskim zazwyczaj wiosną (od marca do czerwca) i jesienią (od września do listopada). Niższe wyniki notowane są w okresie wakacyjnym (lipiec-sierpień) oraz zimą (od grudnia do lutego). Ożywienie ruchu turystycznego zaobserwować można zwykle w maju. Swoją szczyt zjawisko osiąga w okresie wakacyjnym, po czym od października zaczyna maleć, co trwa aż do kwietnia. Jeszcze inaczej kształtuje się periodyczność zdarzeń drogowych w regionie. Sezonowy spadek liczby wypadków i kolizji drogowych występuje z reguły od stycznia do czerwca, a wzrost od lipca do grudnia. Do czynników wpływających na kształtowanie się sezonowości tych zjawisk zaliczyć należy, obok czynników pogodowych i zwyczajowych, również występowanie okresów rozliczeniowych w gospodarce.

BIBLIOGRAFIA

Cieślak M. (red.) (2004) Prognozowanie gospodarcze. Metody i zastosowania. PWN, Warszawa.

- GUS (2023) Bank Danych Lokalnych. <https://bdl.stat.gov.pl/bdl/start> [dostęp: 15.05.2023].
- GUS (2023) <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/ceny-handel/> [dostęp: 15.05.2023].
- Hamulczuk M. (2003) Metoda Census I oraz Census II w prognozowaniu zjawisk sezonowych. *Roczniki Naukowe Stowarzyszenia Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu*, 5(5), 36-41.
- Komenda Główna Policji w Warszawie (2023) System Ewidencji Wypadków i Kolizji. <http://sewik.pl> [dostęp: 15.05.2023].
- Kosiedowski W. (red.) (2001) Zarządzanie rozwojem regionalnym i lokalnym. Problemy teorii i praktyki. TNOiK, Toruń.
- Kot S. M., Jakubowski J., Sokołowski A. (2011) *Statystyka*. Difin, Warszawa.
- Kuciaba E., Kwarciański T., Milewski D., Załoga E. (2013) Społeczne i ekonomiczne znaczenie transportu regionalnego. *Problemy Transportu i Logistyki* 24, *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego*, 792, 7-27.
- Kuciński K. (2010) Czas w ekonomii. *Kwartalnik Nauk o Przedsiębiorstwie*, 15(2), 43-49.
- Luszniewicz A., Słaby T. (2001) *Statystyka z pakietem komputerowym Statistica PL. Teoria i zastosowania*. C. H. Beck, Warszawa.
- Malaska W., Wachta H. (2015) Zastosowanie dekompozycji sezonowej (Census 1) w analizie szeregów czasowych i prognozowania w energetyce. *Elektrotechnika*, 34, *Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej*, 292, 41-50.
- Makridakis S., Wheelwright S. C., Hyndman R. J. (1998) *Forecasting Methods and Applications*. Third Edition. John Wiley & Sons, New York.
- Nyk M. (2012) Zatrudnienie i wynagrodzenie w sektorze przedsiębiorstw w województwie łódzkim. [w:] Kasperkiewicz W., Madaj K. (red.) *Wzrost gospodarczy - rynek pracy - innowacyjność gospodarki*. Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, 181-196.
- Puciato D., Grabiński T. (2016) Sezonowość wykorzystania bazy noclegowej w województwie opolskim w latach 2009–2012 - implikacje dla praktyki gospodarczej. *Ekonomiczne Problemy Turystyki*, 2(34), 177-187.
- Rabiej M. (2012) *Statystyka z programem Statistica*. Helion, Gliwice.
- Radziukiewicz M. (2005) Sezonowość w handlu (część II). *Handel Wewnętrzny*, 4-5, 29-37.
- Rozkrut D. (2004) Okresowość w rozwoju gospodarczym województwa szczecińskiego i zachodniopomorskiego. *Taksonomia* 11, *Prace Naukowe AE we Wrocławiu*, 1022, 631-640.
- Sobczyk G. (1976) Istota sezonowości produkcji. *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska, Sectio H, Oeconomia*, 10, 169-182.
- Strahl D. (red.) (2006) *Metody oceny rozwoju regionalnego*. Wydawnictwo AE we Wrocławiu.
- Szewczuk A., Kogut-Jaworska M., Ziolo M. (2011) *Rozwój lokalny i regionalny. Teoria i praktyka*. C. H. Beck, Warszawa.
- Szukalski P. (2020) Sezonowość małżeństw i urodzeń. *Demografia i Gerontologia Społeczna. Biuletyn Informacyjny*, 10, 2018.
- TIBCO Software Inc. (2017) *Statistica (Data Analysis Software System)*. Version 13.
- Urząd Statystyczny w Zielonej Górze (2007-2023) *Biuletyn statystyczny województwa lubuskiego*.

Urząd Statystyczny w Zielonej Górze (2010) Turystyka w województwie lubuskim w 2009 roku.

Warżala R. (2016) Cykle koniunkturalne w polskich regionach. Studium teoretyczno-empiryczne. Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie.

SEASONAL FLUCTUATIONS OF ECONOMIC AND SOCIAL PHENOMENA IN THE REGION OF THE LUBUSKIE PROVINCE

Abstract: The article serves a descriptive and informative purpose. It attempts to characterise seasonal variations of selected economic and social phenomena in the Lubuskie Province. Using the Census I method, a seasonal decomposition was made of the time series of sold industrial production, the number of tourists using the accommodation facilities and the number of road accidents in the region. Statistical data was analysed for each month of the period 2007-2022. The results show that seasonal factors in the region have a significant impact on the aforementioned phenomena.

Keywords: time series decomposition, seasonality of phenomena, Lubuskie Province

JEL classification: C22, R11, R58

ANALIZA SKŁADOWYCH NIEZALEŻNYCH NA RYNKACH FINANSOWYCH – MOŻLIWOŚCI I OGRANICZENIA

Ryszard Szupiluk  <https://orcid.org/0000-0002-4416-7131>

Kolegium Analiz Ekonomicznych
Szkoła Główna Handlowa w Warszawie
e-mail: rszupi@sgh.waw.pl

Streszczenie: W niniejszym artykule przedstawimy problematykę zastosowań analizy składowych niezależnych na rynku finansowym w kontekście algorytmicznej i statystycznej charakterystyki tej metody. Wskażemy, że specyfika uczenia maszynowego oraz problemowy kontekst ślepej separacji, w jakim osadzona jest analiza składowych niezależnych, ma zasadniczy wpływ na możliwości i ograniczenia interpretacji statystycznej uzyskanych wyników. Przedstawimy także propozycję algorytmu, bardziej zorientowanego na spełnienie warunku niezależności, niż algorytmy ukierunkowane na separację.

Słowa kluczowe: analiza składowych niezależnych, ślepa separacja, uczenie maszynowe, analiza finansowa

JEL classification: C02, C50

WPROWADZENIE

Analiza składowych niezależnych (ICA – ang. Independent Component Analysis) należy do popularnych metod analizy wielowymiarowej [Salazar i Vergara 2018]. Jej zasadniczym celem jest wydzielenie, ze zbioru obserwowanych sygnałów, składowych/komponentów statystycznie niezależnych [Hyvarinen et al. 2001]. Znaczenie tej metody wiąże się w dużej mierze z zastosowaniami w problemie ślepej separacji sygnałów (BSS – ang. blind signal/source separation), dla którego ICA stanowiła pierwsze efektywne rozwiązanie i nadal jest główną techniką. Z tego względu, w początkowym etapie rozwoju zagadnienia te były zasadniczo z sobą utożsamiane [Jutten, Héroult 1991; Bell, Sejnowski 1995]. Obecnie ICA stanowi samodzielne podejście w analizie danych, które może być rozważane w kategoriach transformacji, reprezentacji i dekompozycji danych.

<https://doi.org/10.22630/MIBE.2023.24.2.6>

Jedną z charakterystycznych cech ICA jest jej zasadniczo algorytmiczny charakter, w związku z czym, zaliczana jest do metod uczenia maszynowego, może być także interpretowana i rozważana w kategoriach sieci neuronowych. Związki te były szczególnie silne w początkowym okresie rozwoju ICA [Hyvarinen, Oja 1996], jednak są obecne także w aktualnych rozwiązaniach [Haykin 2009].

Skuteczność rozwiązań ICA w obszarze ślepej separacji, niekiedy jedynych możliwych, zaowocowała licznymi zastosowaniami w obszarze medycyny, telekomunikacji czy akustyki [Comon, Jutten 2010]. Na tym tle, jej obecność w obszarze ekonomii, w szczególności rynków finansowych, generujących dane w kategoriach big data, wygląda stosunkowo skromnie, choć oczywiście jest obecne [Szupiluk 2014; Lassance et al. 2022]. Zastosowania ICA w obszarach ryzyka, analizy portfelowej, estymacji trendów, wydają się nadal raczej badawczymi propozycjami, niż ogólnie przyjętymi metodami rozwiązań. Jedną z przyczyn tego stanu rzeczy może stanowić algorytmiczna i statystyczna specyfika rozwiązań ICA.

W niniejszym artykule przeprowadzimy dyskusję właściwości analizy składowych niezależnych oraz możliwości i ograniczenia zastosowań ICA na rynkach finansowych. W tym celu prześledzimy proces wyprowadzenia jednego z najbardziej popularnych algorytmów jakim jest ICA Natural Gradient, a następnie odniesiemy się do szerszego kontekstu innych algorytmów ICA.

ANALIZA SKŁADOWYCH NIEZALEŻNYCH

Analiza składowych niezależnych powstała w związku z pracami nad problemem ślepej separacji (BSS) i w takim kontekście jest zwykle przedstawiana [Comon 1994; Cardoso 1998]. W problemie BSS, staramy się odtworzyć sygnały źródłowe zmieszane w pewnym systemie. Zarówno system jak i sygnały źródłowe są nieznane, zaś identyfikacja odbywa się tylko na podstawie zmieszanych danych, co wiąże się z założeniem pewnego modelu generującego. Typowym modelem generującym jest liniowy model statyczny postaci

$$\mathbf{x}(k) = \mathbf{A}\mathbf{s}(k), \quad (1)$$

gdzie: $\mathbf{A} \in R^{N \times M}$, $\mathbf{x}(k) = [x_1(k), \dots, x_N(k)]^T$ jest wektorem sygnałów obserwowanych, zaś $\mathbf{s}(k) = [s_1(k), \dots, s_M(k)]^T$ źródłowych, k oznacza indeks czasu lub numer obserwacji. W celu znalezienia \mathbf{x} , poszukuje się takiego systemu separującego, reprezentowanego przez macierz \mathbf{W} , że dla sygnałów separowanych $\mathbf{y}(k) = [y_1(k), \dots, y_M(k)]^T$ zachodzi

$$\mathbf{y}(k) = \mathbf{W}\mathbf{x}(k) = \mathbf{W}\mathbf{A}\mathbf{s}(k) = \mathbf{P}\mathbf{D}\mathbf{s}(k), \quad (2)$$

gdzie: \mathbf{P} - macierz permutacji określająca kolejność estymowanych sygnałów, \mathbf{D} - diagonalna macierz skalująca. Równanie (2) oznacza, że estymowane sygnały \mathbf{y} mogą być przeskalowane oraz w innej kolejności uporządkowane niż \mathbf{s} . Jest to nieunikniona konsekwencja faktu, iż przyjmując $N=M$, dla dowolnej odwracalnej macierzy $\mathbf{E} \in R^{N \times N}$ zachodzi $\mathbf{x} = \mathbf{A}\mathbf{E}\mathbf{E}^{-1}\mathbf{s}(k)$. W ramach ICA przyjmuje się zwykle następujące założenia [Cardoso 1999; Hyvarinen et al. 2001]:

- kolumny macierzy \mathbf{A} są liniowo niezależne,
- liczba komponentów (sygnałów) obserwowanych nie może być mniejsza od liczby niezależnych komponentów źródłowych, $M \leq N$,
- sygnały modelowane są jako zmienne losowe lub stochastyczne białe szумы, przy czym co najwyżej jeden z sygnałów ma rozkład gaussowski.

Celem ICA jest wydzielenie z wielowymiarowych danych obserwowanych sygnałów (komponentów, składowych) niezależnych, co oznacza, że spełniona będzie równość

$$p_1(y_1)p_2(y_2)\dots p_M(y_M) = p_{1\dots M}(y_1, y_2, \dots, y_M), \quad (3)$$

gdzie $p_i(y_i)$ oznacza funkcję gęstości prawdopodobieństwa sygnału y_i (rozkład brzegowy), zaś $p_{1\dots M}(y_1, y_2, \dots, y_M)$ jest rozkładem łącznym y_1, y_2, \dots, y_M .

Rozwiązaniem tak postawionego zadania można dokonać na wiele sposobów, jednym z nich jest popularny algorytm ICA Natural Gradient. Punktem wyjścia jest tu zdefiniowanie funkcji celu w postaci wzajemnej informacji, której minimalizacja ze względu na macierz \mathbf{W} ma prowadzić do spełnienia (3) [Amari et al. 1999]. Mamy więc

$$\mathbf{W}_{opt} = \min_{\mathbf{W}} I(\mathbf{y}) = \min_{\mathbf{W}} \int_{-\infty}^{+\infty} p(y_1, \dots, y_M) \log \frac{p(y_1, \dots, y_M)}{\prod_i p_i(y_i)} dy_1 \dots dy_M. \quad (4)$$

Przekształcając $I(\mathbf{x})$ otrzymuje się

$$I(\mathbf{x}) = -H(\mathbf{x}) - \log(|\det(\mathbf{W})|) - \sum_{i=1}^M H_i(y_i), \quad (5)$$

gdzie $H_i(y_i)$ oznacza entropię poszczególnych sygnałów estymowanych zaś $H(\mathbf{x})$ oznacza entropię zmiennej \mathbf{x} , która nie zależy od \mathbf{W} , więc czynnik ten może zostać pominięty. Wartość bezwzględna (5) zastępuje się wygodniejszą analitycznie formą $\mathbf{W}\mathbf{W}^T$. Daje to funkcję celu postaci

$$L(\mathbf{W}) = -\log(\det(\mathbf{W}\mathbf{W}^T)) - \sum_{i=1}^M H_i(y_i). \quad (6)$$

Minimalizacja funkcji (6) metodą Gradientu Naturalnego prowadzi do następującego algorytmu [Amari 1998; Cichocki, Amari 2002]:

$$\mathbf{W}(k+1) = \mathbf{W}(k) + \mu(k) [\mathbf{I} - E\{\mathbf{f}(\mathbf{y})\mathbf{y}^T\}] \mathbf{W}(k) , \quad (7)$$

gdzie $E\{\cdot\}$ oznacza wartość oczekiwaną, zaś nieliniowa kowariancja $\mathbf{R}_{f\mathbf{y}} = E\{\mathbf{f}(\mathbf{y})\mathbf{y}^T\}$ zawiera wektor funkcji nieliniowych $\mathbf{f}(\mathbf{y}) = [f_1(y_1), \dots, f_M(y_M)]^T$ o elementach

$$f_i(y_i) = -\frac{\partial \log(p_i(y_i))}{\partial y_i} . \quad (8)$$

Optymalna postać nieliniowości wyrażona przez (8) zakłada znajomość rozkładów prawdopodobieństwa poszczególnych sygnałów, a jest to *a priori* nieznanne. Z tego względu, stosowane są estymowane modele parametryczne rozkładów, modele adaptacyjne lub z góry określa się postać nieliniowości aby eksplorować statystyki określonego rzędu [Karvanen et al. 2002]. Stosowane są także reguły heurystyczne, np. można także zauważyć, że formuła (8) prowadzi do nieliniowości szybciej rosnących od funkcji liniowej dla rozkładów bardziej stromych niż gaussowski oraz wolniej rosnących dla rozkładów wolniej rosnących, Stąd dobór nieliniowości może odbywać się zgodnie z regułą [Cichocki et al. 1997]

$$f_i(y_i) = \begin{cases} y_i^3 & \text{dla } \text{kurt}_N(y_i) > 0, \\ \tanh(y_i) & \text{dla } \text{kurt}_N(y_i) < 0, \\ y_i & \text{dla } \text{kurt}_N(y_i) = 0. \end{cases} \quad (9)$$

gdzie $\text{kurt}_N(y) = E\{y^4\} / E^2\{y^2\} - 3$ oznacza znormalizowaną kurtozę. Kolejną kwestią jest występujący w (7) współczynnik uczenia. Jego dobór jest kwestią kluczową dla efektywnego działania algorytmu. Typowe postacie zakładają wartości zmienne w czasie, zwykle zanikające do zera. Choć możliwe są także złożone systemy w postaci filtrów górno- i dolnoprzepustowych [Cichocki, Amari 2002].

Można zauważyć, że występująca w (7) nieliniowa macierz kowariancji $\mathbf{R}_{f\mathbf{y}} = E\{\mathbf{f}(\mathbf{y})\mathbf{y}^T\}$ jest szczególnym przypadkiem bardziej ogólnej postaci $\mathbf{R}_{fg} = E\{\mathbf{f}(\mathbf{y})\mathbf{g}(\mathbf{y})^T\}$, której zastosowanie prowadzi do algorytmu [Cichocki, Unbehauen 1996]

$$\mathbf{W}(k+1) = \mathbf{W}(k) + \mu(k) [\mathbf{I} - E\{\mathbf{f}(\mathbf{y})\mathbf{g}^T(\mathbf{y})\}] \mathbf{W}(k) , \quad (10)$$

gdzie wektor funkcji nieliniowych $\mathbf{g}(\mathbf{y}) = [g_1(y_1), \dots, g_M(y_M)]^T$ składa się zwykle z funkcji $g(y_i)$ dualnych do $f(y_i)$. Algorytm (10) można potraktować jako rozwinięcie całej koncepcji, choć powstał on w sposób heurystyczny wcześniej, niż wprowadzony z teorii informacji algorytm Natural Gradient.

Podobne struktury widzimy także w algorytmach wyprowadzanych z innych zasad, w tym algorytm EASI oparty na funkcji największej wiarygodności [Cardoso, Laheld 1996]

$$\mathbf{W}(k+1) = \mathbf{W}(k) + \mu(k) \left[\mathbf{I} - E\{\mathbf{y}\mathbf{y}^T\} - E\{\mathbf{f}(\mathbf{y})\mathbf{y}^T\} + E\{\mathbf{y}\mathbf{f}^T(\mathbf{y})\} \right] \mathbf{W}(k). \quad (11)$$

lub wyprowadzony z maksymalizacji negentropii jako miary niegaussowości (a to jako miary niezależności) algorytm FastICA Hyvarinen, Oja 2000]

$$\mathbf{W}(k+1) = \mathbf{W}(k) + \mu(k) \mathbf{R} \left[E\{\mathbf{f}(\mathbf{y}(k))\mathbf{y}^T(k)\} - \text{diag}(E\{f(y_i)y_i\}) \right] \mathbf{W}(k), \quad (12)$$

gdzie $\mathbf{R} = \text{diag}(1/E\{f(y_i)y_i\} - E\{f'(y_i)\})$ oznacza macierz diagonalną.

Można zauważyć, że mimo odmiennych kryteriów początkowych, uzyskane postacie algorytmów ICA mają stosunkowo podobną strukturę, która może być poddawana dalszym modyfikacjom. Jednym z nich jest przyjęcie wersji on-line dla $\mathbf{R}_{f,y} = E\{\mathbf{f}(\mathbf{y})\mathbf{y}^T\}$.

PROBLEMATYKA ZASTOSOWAŃ ICA W EKONOMII I FINANSACH

Zastosowanie ICA w ekonomii, finansach lub zarządzaniu wiąże się zwykle z przyjęciem podejścia separacyjnego lub analitycznego, choć oczywiście możliwe jest także łączenie tych optyk. W odróżnieniu jednak, od takich metod wielowymiarowych jak analiza składowych głównych lub analiza czynnikowa, na otrzymane wyniki i interpretacji istotny wpływ ma algorytmiczny charakter analizy składowych niezależnych.

Traktując ICA jako metodę rozwiązania problemu ślepej separacji, mamy do czynienia z przypadkiem zasadniczo instrumentalnym. Dąży się tu zwykle do osiągnięcia konkretnego wymiernego rezultatu, jakim są źródłowe komponenty użyteczne lub interpretowane jako praktycznie fizyczne sygnały. Przykładem może tu być wydzielenie z wyników predykcji finansowych szumów i zakłóceń [Szupiluk 2014]. W takim podejściu kryterium przesądzającym o zasadności użycia ICA jest poprawa prognozy. Wszelkie dodatkowe rozważania o matematycznej charakterystyce otrzymanych komponentów, stopniu ich niezależności, spełnieniu założeń związanych z danymi, systemem je generującym czy ogólnie metodą ICA mogą być nieistotne lub zbędne. Decyduje skuteczność - w szczególności w systemach predykcyjnych opartych na uczeniu maszynowym. Osiągnięcie pozytywnych rezultatów wiąże się tu zasadniczo z testem różnych algorytmów ICA, w poszukiwaniu najlepszego w danym przypadku bez względu na jego specyfikę.

Należy jednak zaznaczyć, że separacja szeregów finansowych jak indeksy giełdowe, kursy akcji, ceny walut lub towarów - w poszukiwaniu składowych związanych z jednoznacznym zjawiskiem rynkowym (sygnał źródłowy) jest

praktycznie niewykonalna, ze względu na trudności ze spełnieniem najbardziej podstawowych założeń ICA/BSS, jak mniejsza sygnałów źródłowych niż obserwowanych (czyli poddawanych separacji). Sytuacja, iż wybrany do analizy zestaw instrumentów finansowych jest efektem oddziaływania nie większej liczby fundamentalnych czynników niż liczba tych instrumentów, wydaje się sytuacją wysoce nieprawdopodobną, o ile w ogóle możliwą.

Także założenie o liniowym modelu generującym, jest w ogólnym przypadku mało realistyczne. Wiele informacji dociera i oddziałuje na określone instrumenty z opóźnieniami lub impulsowo (nieliniowo), co przemawia za uwzględnianymi je modelami dynamicznymi i nieliniowymi. Przyjęcie dynamicznego modelu mieszającego, oznacza konieczność zastosowania także dynamicznego separującego (estymującego składowe niezależne), co skutkuje, że za akceptowane rozwiązania uznane będą także przefiltrowane sygnały źródłowe. Z kolei przyjęcie nieliniowego modelu mieszającego oznacza w ogólnym przypadku brak jednoznaczności uzyskiwanych wyników (możliwe są różne zestawy składowych niezależnych). W przypadku nieliniowego modelu dynamicznego te niedogodności sumują się. W praktyce znacząco ogranicza to pole separacyjnych zastosowań modeli nieliniowych oraz dynamicznych.

Także uwzględnienie szumu addytywnego czyli przyjęcie modelu $x=As+v$, gdzie v oznacza szum addytywny, zasadniczo uniemożliwia w większości skuteczną separację. Wiąże się to z faktem, iż w przypadku ogólnym nie istnieje tu liniowa transformacja pozwalająca na odwrócenie procesu mieszania i odtworzenie sygnałów źródłowych.

Stosunkowo odmienna sytuacja występuje w przypadku kiedy zastosowanie ICA ma mieć charakter analityczny. Taką sytuację mamy w przypadku estymacji trendów rynkowych, jako bezpośrednich wyników działania metody ICA. Zasadniczą kwestią jest tu charakterystyka otrzymanych wyników.

ICA JAKO REPREZENTACJA ANALITYCZNA

Przyjęcie metody ICA jako metody prowadzącej do nowej reprezentacji analitycznej uwalnia nas od interpretacji wyników w kategoriach separacji rynkowych „fizycznych źródeł”. Pojawiają się jednak kwestie związane z odpowiedzią na pytanie, jaką charakterystykę matematyczną posiadają komponenty otrzymane w wyniku działania algorytmów ICA. Oznacza to analizę poszczególnych etapów ICA prowadzących do ich powstania.

W odróżnieniu od separacji fizycznych sygnałów źródłowych, w przypadku poszukiwania interesującej reprezentacji analitycznej zastosowania modeli dynamicznych na gruncie finansowym wydają się całkiem możliwe. W takim przypadku, przyjęcie/założenie określonego modelu nie przesądza natury zjawiska lub zależności między danymi służy wyłącznie do opracowania algorytmu numerycznego. Nie wpływa także zasadniczo na ideę wyprowadzenia algorytmu ICA. Nie jest także problemem w zastosowaniach finansowych założenie, iż

separowane sygnały mają być białymi szumami, oznacza to wyłącznie, że w ICA nie jest brana pod uwagę struktura czasowa analizowanych danych, natomiast w niczym to nie przeszkadza takie dane wykorzystywać. Jak widać znaczenie poszczególnych założeń w ICA może mieć różną wagę, co jest jedną z cech charakterystycznych dla metod uczenia maszynowego.

Natomiast kluczowym elementem staje się istota algorytmów ICA i ich interpretacji, czyli pojęcie niezależności. Choć spektrum kryteriów oceny niezależności statystycznej sygnałów, jest stosunkowo szerokie i obejmuje m.in. takie podejścia jak: minimalizacja wzajemnej informacji, maksymalizacja entropii, minimalizacja kurtozy, maksymalizacja funkcji największej wiarygodności, w większości przypadków, przy nieco głębszym wglądzie, widzimy, że prowadzą one do, stosunkowo podobnych, lub zasadniczo tych samych formuł [Cichocki, Amari 2002; Comon, Jutten 2010]. Wiąże to się z reguły, z aproksymacją pojęć wykorzystujących rozkłady (funkcje gęstości prawdopodobieństwa) „wygodnymi” statystykami. Najczęściej są to statystyki czwartego rzędu wyrażane różnymi sposobami m.in. momentami, L -momentami lub kumulatami. Przykładem może być aproksymacja funkcji gęstości prawdopodobieństwa szeregami Edegwortha lub Gram-Chalier, gdzie przyjmuje się, że ograniczenie do statystyk czwartego rzędu w większości przypadków daje wystarczającą dokładność przybliżenia [Hyvarinen et al. 2001].

Jednak optymalizacja funkcji celu może wiązać się nie tylko z formalnymi przekształceniami aproksymującymi, ale także krokami heurystycznymi. W przypadku algorytmu Natural Gradient, jako kryterium oceny statystycznej niezależności przyjmuje się wzajemną informację, która jest optymalizowana jedynie częściowo. Jak wskazano wyżej, eliminowany jest składnik związany z entropią sygnałów źródłowych, ponieważ system ICA nie ma wpływu na tą część funkcji celu. Kolejnym zabiegiem, jest eliminacja wartości bezwzględnej z funkcji celu. W rezultacie, oddaliśmy się, w stopniu najczęściej trudnym do określenia, od spełnienia warunku niezależności.

Należy zaznaczyć, że algorytmy (7)-(12) nie stanowią wersji ostatecznych lub zamkniętych. Na gruncie praktycznego problemu BSS dozwolona jest w zasadzie dowolna modyfikacja prowadząca do większej efektywności separacji, zaś pojęcie niezależności staje się pewnym użytecznym kryterium a nie głównym celem działania algorytmu. Przykładowo poprawa własności numerycznych algorytmu (11) prowadzi do Normalized EASI [Cardoso, Laheld 1996]

$$\mathbf{W}(k+1) = \left(\mathbf{I} - \eta \frac{\mathbf{y}\mathbf{y}^T - \mathbf{I}}{1 + \eta \mathbf{y}^T \mathbf{y}} - \frac{\eta \mathbf{f}(\mathbf{y}) \mathbf{g}^T(\mathbf{y}) - \mathbf{g}(\mathbf{y}) \mathbf{f}^T(\mathbf{y})}{2(1 + \eta |\mathbf{g}^T(\mathbf{y}) \mathbf{f}(\mathbf{y})|)} \right) \mathbf{W}(k). \quad (13)$$

Kolejnym elementem, kluczowym dla efektywnego działania algorytmu ICA (jako metody separacji) jest współczynnik uczenia, a jego prosta postać (9) może być rozwijana do [Douglas, Cichocki 1997]

$$\mu(k) = \mu(k-1) - \rho(k) \left[\frac{m-1}{1+\mu(k-1)} + \frac{1 - \mathbf{y}^T(k-1)\mathbf{f}(\mathbf{y}(k-1))}{1+\mu(k-1)[1 - \mathbf{y}^T(k-1)\mathbf{f}(\mathbf{y}(k-1))]} \right]^{-1} - \mathbf{y}^T(k)\mathbf{f}(\mathbf{y}(k)) + \mathbf{f}^T(\mathbf{y}(k))\mathbf{f}(\mathbf{y}(k-1))\mathbf{y}^T(k-1)\mathbf{y}(k) \quad (14)$$

Z zanikającym do zera współczynnikiem uczenia wiąże się jeszcze kwestia punktu stopu. Algorytm (7) można uznać za nauczony jeżeli $\mathbf{W}(k+1) = \mathbf{W}(k)$ co oczekujemy, że zachodzi jeżeli $\mathbf{R}_{\hat{y}} = E\{\mathbf{f}(\mathbf{y})\mathbf{y}^T\} = \mathbf{I}$, a co w interpretacji statystycznej oznaczałoby nieliniową dekorrelację. Jednak w praktyce warunek $\mathbf{W}(k+1) = \mathbf{W}(k)$ wiąże się raczej z wymuszonym przyjęciem $\mu(k) = 0$.

Wszystkie te zabiegi są dlatego uzasadnione, że zasadniczym zadaniem ICA jest estymowanie nie tyle składowych niezależnych, co separacja rzeczywistych sygnałów. Efektem końcowym jest rekonstrukcja źródeł, a nie test niezależności uzyskanych komponentów. Zaś separacja może się dokonać nie tylko w oparciu o regułę niezależności, ale także na bazie innych pojęć jak gładkość, nieujemność czy niestacjonarność.

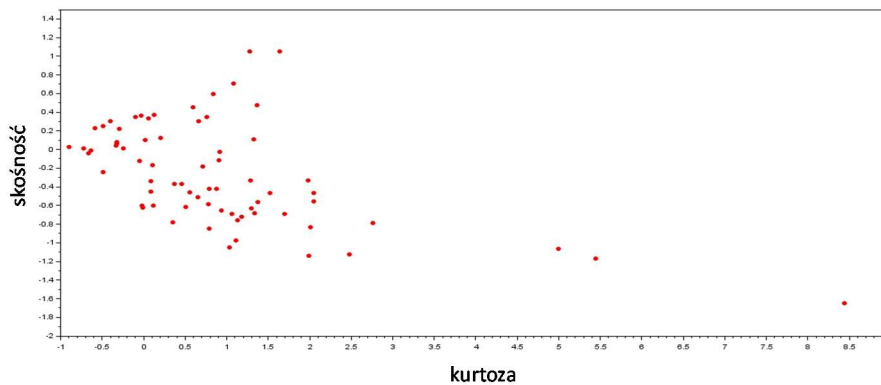
W efekcie jeżeli weźmiemy pod uwagę przekształcenia i redukcje początkowej funkcji celu, wraz z modyfikowanymi heurystycznie algorytmami uczenia, w których współczynniki uczenia oraz dobór funkcji nieliniowych realizowany jest w złożonych systemach, to pojawia się pytanie o naturę otrzymanych komponentów. Czy eksplorujemy wyłącznie pojęcie niezależności i w jakim stopniu, czy znaczenie mają już także inne charakterystyki prowadzące do separacji? Wydaje się, że nie sposób jednoznacznie odpowiedzieć na to pytanie, choć elementem, który wyraźnie występuje w finalnych, implementacyjnych wersjach algorytmów, są statystyki czwartego rzędu, a w szczególności kurtoza.

KURTOZA W ICA A RYNKI FINANSOWE

Pojęciem szczególnie często pojawiającym się w kontekście algorytmów ICA jest kurtoza, która stanowi nie tylko funkcję aproksymującą entropię lub negentropię, ale jest także samodzielną podstawą wyprowadzania algorytmów [Douglas, Kung 1998; Girolami, Fyfe 1996]. Kurtoza stosowana jest także w doborze nieliniowości. Przyjmując, że w wielu przypadkach algorytmy ICA ograniczają się do eksploracji kurtozy lub ogólnej statystyki czwartego rzędu, otrzymujemy narzędzie analityczne stosunkowo wygodne w interpretacji zarówno statystycznej jak i ekonomicznej oraz łatwe w zakresie weryfikacji wyników. Nadal jednak należy mieć na uwadze, że ICA jest metodą uczenia maszynowego, gdzie jej instrumentalna natura powoduje, że poszczególne pojęcia bardzo szybko mogą być modyfikowane i rozwijane przy zachowaniu tych samych etykiet. W efekcie, w obszarze ICA mamy do czynienia zarówno z różnymi postaciami samej kurtozy jak i licznymi jej modyfikacjami i generalizacjami [Lambert 1996; Miettinen et al. 2015].

W niektórych algorytmach analizy składowych niezależnych owa natura statystyk czwartego rzędu jest wprost sygnalizowana w nazwie jak w algorytmie FOBI-Fourth Order Blind Identification [Cardoso 1999]. Jednak nawet ograniczenie „niezależności” do statystyk czwartego rzędu, z rynkowego punktu widzenia, może być problematyczne, ze względu na rzeczywistą charakterystyką danych finansowych. Po pierwsze, jest kwestią otwartą czy dany szereg czasowy ma w ogóle wyższe momenty [Peters 1996]. Przyjęcie, że duża część danych na rynku finansowym ma rozkłady nieskończenie podzielne oznaczałoby zasadniczą barierę w zastosowaniu ICA zgodnie z jej założeniami. Po drugie, jeżeli jednak przyjmujemy, że statystyki te istnieją lub ograniczymy się do empirycznych charakterystyk z próby, to z reguły otrzymamy wykres wartości kurtozy prezentowany na rysunku 1.

Rysunek 1. Kurtoza i skośność obserwowana dla różnych podokresów indeksu WIG 20 z lat 2011-2015



Źródło: opracowanie własne

Rysunek 1 przedstawia wartości znormalizowanej kurtozy oraz skośności dla losowo wybranych przedziałów danych reprezentujących stopy zwrotu, z indeksu WIG 20 z okresu 2011-2015, a więc okresu gospodarczo stosunkowo stabilnego, widzimy jednak, że obydwie statystyki są dalekie od stabilności. W takim wypadku, trudno oczekiwać stabilności od algorytmów je stosujących. Brak takiej stabilności w przypadku separacji sygnałów technicznych najczęściej rozwiązuje się wersję algorytmów on-line, jednak w przypadku takiego podejścia dla danych finansowych, pojawia się problem ich analitycznej interpretacji gdy estymujemy sygnał ze zmiennej w czasie kurtozy.

NOWE POSTACIE ALGORYTMU ICA

W świetle poważnych rozważań wydaje się, że w przypadku zastosowań typowych algorytmów ICA dla danych finansowych stosunkowo trudno pogodzić

skuteczność separacji z wymogiem i interpretacją ich niezależności, dominuje optyka separacyjna.

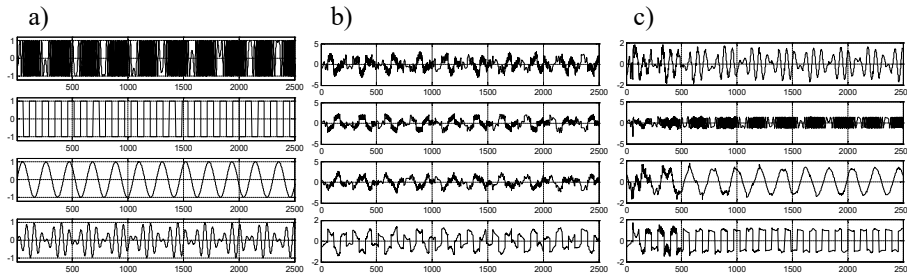
Natomiast, możliwa jest modyfikacja algorytmów ICA wychodząca bardziej naprzeciw warunkowi niezależności statystycznej, przy zachowaniu pewnych właściwości separacyjnych. Obecnie zaproponujemy metodę, która zakłada wprost eksplorację statystyk wyższych rzędów niż czwarty.

$$\mathbf{W}(k+1) = \mathbf{W}(k) + \left(\mu_1(k) [\mathbf{I} - E\{\mathbf{y}^{\cdot 3} \mathbf{y}^T\}] + \mu_2(k) [\mathbf{I} - E\{\mathbf{y}^{\cdot 4} \mathbf{y}^T\}] \right) \mathbf{W}(k) + \left(\mu_1(k) [\mathbf{I} - E\{\mathbf{y}^{\cdot 5} \mathbf{y}^T\}] + \mu_2(k) [\mathbf{I} - E\{\mathbf{y}^{\cdot 7} \mathbf{y}^T\}] \right) \mathbf{W}(k). \quad (15)$$

gdzie $\mathbf{y}^k = [y_1^k, y_2^k, \dots, y_M^k]^T$.

W algorytmie (15) wykorzystaliśmy podstawową ideę struktury algorytmów ICA rozszerzając ją na nieliniowe dekorelacje względem statystyk wyższych rzędów niż czwarty. Nawiązuje to do bezpośredniej idei niezależności statystycznej, wg której nie powinny w takim przypadku występować korelacje nieliniowe dowolnego rzędu. Jednak choć podstawowa idea (15) wydaje się stosunkowo prosta to występujące oddzielne współczynniki uczenia dla poszczególnych $\mathbf{R}_{\mathbf{y}^k \mathbf{y}^k} E\{\mathbf{y}^{\cdot k} \mathbf{y}^T\}$, czynią to podejście wymagającym implementacyjnie. Aby potwierdzić skuteczność działania (15), wykonaliśmy eksperyment z separacją stosunkowo prostych sygnałów, łatwych w ocenie jakości separacji, co prezentuje rysunek 2.

Rysunek 2. Sygnały a) źródłowe, b) zmieszane, c) separowane



Źródło: opracowanie własne

Choć dokładniejsze badania tego algorytmu wychodzą poza zakres niniejszej pracy, to już pobieżne badania pozwalają na sformułowanie paru uwag. Algorytm dla założonego rzędu statystyk działa poprawnie, tzn. następuje zadekorelowanie wzgl. tych rzędów. Jednak zwiększanie rzędu eksplorowanych statystyk nie przekłada się na automatyczną poprawę jakości separacji.

PODSUMOWANIE

Analiza składowych niezależnych jest metodą, która powstała w kontekście problemu ślepej separacji stanowiąc główny sposób jego rozwiązania. Z punktu

widzenia implementacyjnego, należy do metod nienadzorowanego uczenia maszynowego, przy czym istnieje wiele algorytmów ICA o różnych właściwościach. Zawarte w nazwie pojęcie niezależności odnosi się do idei i kryteriów jakie zastosowano aby ową separację osiągnąć, nie stanowi jednak w istocie celu nadrzędnego ICA, jest nim bowiem efektywna separacja sygnałów źródłowych. W rzeczywistości, korzystając z gotowych procedur, często trudno stwierdzić jakimi w istocie charakterystykami statystycznymi charakteryzują się uzyskane komponenty. Z dużą dozą pewności są one nieliniowo zdekorrelowane, w większości przypadków z użyciem statystyki czwartego rzędu. Choć mogą to być także inne zależności.

W efekcie, jeżeli staramy się wśród danych finansowych identyfikować określone sygnały źródłowe, to ICA może być dobrym wyborem o ile możliwe są do spełnienia jej podstawowe założenia, co w rzeczywistych przypadkach może być trudne lub zgoła niemożliwe. W szczególności relacja między ilością źródeł a obserwacji wydaje się trudną do przekroczenia barierą,

W przypadku reprezentacji analitycznej danych ekonomicznych, interpretacja statystyczna powinna być dokonana na bazie specyfikacji konkretnego algorytmu ICA. Kwestia zastosowań praktycznych w tym kontekście, jest bowiem ściśle związana z charakterystyką uzyskanych składowych. Natomiast jako efektu działania ICA, raczej nie powinniśmy oczekiwać otrzymania komponentów w pełni niezależnych

Pewnym rozwiązaniem jest samodzielna implementacja algorytmów, gdzie możemy kontrolować zarówno kryteria ich działania i techniczne aspekty implementacji. Jak wskazano w zaproponowanej autorskiej wersji algorytmu ICA, można też w ten sposób nieco bardziej zbliżyć się do spełnienia warunku niezależności.

BIBLIOGRAFIA

- Amari S. (1998) Natural Gradient Works Efficiently in Learning. *Neural Computation*, 10, 271-276 .
- Amari S., Cichocki A. (1998) Adaptive Blind Signal Processing - Neural Network Approaches. *Proceedings of the IEEE*, 86(10), 2026-2048.
- Amari S., Cichocki A., Yang H. (1999) Unsupervised Adaptive Filtering, chapter Blind Signal Separation and Extraction - Neural and Information Theoretic Approaches. John Wiley.
- Bell A. J., Sejnowski T. J. (1995) An Information-Maximization Approach to Blind Separation and Blind Deconvolution. *Neural Computation*, 7(6), 1129-1159.
<https://doi.org/10.1162/neco.1995.7.6.1129>
- Cardoso J., Laheld B. (1996) Equivariant Adaptive Source Separation. *IEEE Trans. Signal Processing*, 44(12), 3017-3030.
- Cardoso J. (1998) Blind Signal Separation: Statistical Principles. *Proceedings of the IEEE*, 86(10), 2009-2025.

- Cardoso J. (1999) High-Order Contrasts for Independent Component Analysis. *Neural Computation*, 11(1), 157-192.
- Cichocki A., Unbehauen R. (1996) Robust Neural Networks with On-Line Learning for Blind Identification and Blind Separation of Sources. *IEEE Trans. Circuits and Systems I: Fundamentals Theory and Applications*, 43(11), 894-906.
- Cichocki A., Sabala I., Choi S., Orsier B., Szupiluk R. (1997) Self Adaptive Independent Component Analysis for Sub-Gaussian and Super-Gaussian Mixtures with Unknown Number of Sources and Additive Noise. In *Proc. Int. Symposium on Nonlinear Theory and its Applications, NOLTA-97*, 731-734.
- Cichocki A., Amari S. (2002) *Adaptive Blind Signal and Image Processing*. John Wiley, Chichester.
- Comon P. (1994) Independent Component Analysis, a New Concept ? *Signal Processing*, Elsevier, 36(3), 287-314.
- Comon P., Jutten Ch. (2010) *Handbook of Blind Source Separation: Independent Component Analysis and Applications*, Academic Press.
- Douglas S., Cichocki A. (1997) On-Line Step Size Selection for Training Adaptive Systems, *IEEE Signal Processing Mag.*, 14(6), 45-46.
- Douglas S., Kung S. (1998): Kuicnet Algorithms for Blind Deconvolution. *Proc. IEEE Workshop on Neural Networks for Signal Processing*, Cambridge, UK.
- Girolami M., Fyfe C. (1996) Negentropy and Kurtosis as Projection Pursuit Indices Provide Generalized ICA Algorithms. *Advances in Neural Information Processing Systems, NIPS'96 Workshop*, Snowmaas.
- Haykin S. (2009) *Neural Networks and Learning Machines*. Pearson Education, New Jersey.
- Hyvarinen A., Oja E. (1996) Simple Neuron Models for Independent Component Analysis. *Int. Journal of Neural Systems*, 7(6), 671-687.
- Hyvarinen A., Oja E. (2000) Independent Component Analysis: Algorithms and Applications. *Neural Networks*, 13(4-5), 411-430.
- Hyvarinen A., Karhunen J., Oja E. (2001) *Independent Component Analysis*. Wiley John, New York.
- Jutten C., Héroult J. (1991) Blind Separation of Sources, Part 1: An Adaptive Algorithm Based on Neuromimetic Architecture. *Signal Processing*, 24(1), 1-10.
- Karvanen, J., Eriksson, J. & Koivunen, V. (2002) Adaptive Score Functions for Maximum Likelihood ICA. *The Journal of VLSI Signal Processing-Systems for Signal, Image, and Video Technology*, 32, 83-92. <https://doi.org/10.1023/A:1016367418778>
- Lambert R. (1996) *Multi-Channel Blind Deconvolution: FIR Matrix Algebra and Separation of Multi-Path Mixtures*. Elec. Eng. Univ. of Southern California.
- Lassance N., DeMiguel V., Vrins F. (2022) Optimal Portfolio Diversification via Independent Component Analysis. *Operations Research*, 70(1), 55-72.
- Miettinen J., Taskinen S., Nordhausen K., Oja H. (2015) Fourth Moments and Independent Component Analysis. *Statistical Science*, 30(3), 372-390.
- Peters E. (1996) *Fractal Market Analysis*. John Wiley&Son.
- Puuronen J., Hyvärinen A. (2015) Independent Component Analysis with an Inverse Problem Motivated Penalty Term. 2015 International Joint Conference on Neural Networks.
- Salazar A., Vergara L. (2018) *Independent Component Analysis (ICA): Algorithms, Applications and Ambiguities*. Nova Science Publishers.

Szupiluk R. (2014) Dekompozycje wielowymiarowe w agregacji predykcyjnych modeli data mining. Szkoła Główna Handlowa, Oficyna Wydawnicza, Warszawa.

ANALYSIS OF INDEPENDENT COMPONENTS IN FINANCIAL MARKETS – POSSIBILITIES AND LIMITATIONS

Abstract: In this article, we will present the application of independent components analysis for the financial market in the context of the algorithmic and statistical characteristics of this method. We will point out that the specificity of machine learning and the problematic context of blind separation in which the analysis of independent components is embedded have a significant impact on the possibilities and limitations of the statistical interpretation of the obtained results. We will also present a novel algorithm that is more focused on meeting the independence condition than algorithms dedicated for separation.

Keywords: independent components analysis, blind signal separation, machine learning, financial analysis

JEL classification: C02, C50

CHARAKTERYSTYKA, WYCENA I ZASTOSOWANIA WYBRANYCH OPCJI TYPU „WSZYSTKO ALBO NIC”

Monika Krawiec  <https://orcid.org/0000-0002-4765-244X>

Instytut Ekonomii i Finansów

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

e-mail: monika_krawiec@sggw.edu.pl

Streszczenie: Opcje binarne, często określane jako opcje “wszystko albo nic”, zdobyły popularność wśród inwestorów ze względu na ich prostą konstrukcję. Znajdują również zastosowanie przy tworzeniu syntetycznych instrumentów, na przykład korelacyjnych opcji binarnych lub barierowych opcji binarnych, które łączą własności różnych opcji egzotycznych. Wraz ze wzrostem popularności opcji binarnych, zwiększała się liczba platform internetowych prowadzących obrót tymi instrumentami. Efektem tego było nasilenie nieuczciwych praktyk, zmierzających do osiągnięcia zysku w wyniku doprowadzenia do strat nieposiadających odpowiedniej wiedzy, niedoświadczonych inwestorów. Dlatego celem niniejszej pracy jest przedstawienie charakterystyki klasycznych i zmodyfikowanych opcji typu „gotówka albo nic”, metod ich wyceny, przykładów zastosowań oraz zagrożeń związanych z obrotem pozagiełdowym.

Słowa kluczowe: standardowe i zmodyfikowane opcje “gotówka-albo-nic”, wycena opcji, rynek pozagiełdowy, nieuczciwe praktyki

JEL classification: C10, C58, G10, G23

WSTĘP

Zastosowania instrumentów pochodnych, w tym kontraktów opcyjnych, mają bardzo długą tradycję. W literaturze przedmiotu najczęściej podaje się, że geneza opcji sięga starożytnej Grecji, gdyż najstarszą wzmiankę na ich temat można znaleźć w dziełach Arystotelesa [Crawford, Sen 1998]. Istnieją także dokumenty, które dowodzą, że również Rzymianie posługiwali się opcjami w handlu hiszpańskimi

<https://doi.org/10.22630/MIBE.2023.24.2.7>

metalami. Kolejne wzmianki o wykorzystaniu opcji pochodzą z XVII wieku z czasów tzw. „tulipanowej gorączki” w Holandii [Wiśniewska 2007].

Przełomowym momentem dla rozwoju rynku opcji była publikacja w 1973 roku modelu Blacka-Scholesa, uznawanego dziś za podstawowe osiągnięcie teorii wyceny opcji. W kolejnych latach powstały jego modyfikacje, a także alternatywne modele wyceny opcji. Równolegle kształtowały się podstawy rynku opcji egzotycznych, konstruowanych z uwzględnieniem indywidualnych potrzeb inwestorów. Sukcesywnie opracowywano metody ich wyceny, a inwestorzy zaczęli dostrzegać zalety tych instrumentów: niższą cenę i niestandardowy charakter [Krawiec 2007].

Od ponad dwóch dekad obserwuje się intensywną globalizację i cyfryzację handlu opcjami, ponieważ wprowadzenie pod koniec lat 90. XX wieku internetowych platform obrotu giełdowego stworzyło możliwość zawarcia transakcji na dowolnym rynku z każdego miejsca na świecie 24 godziny na dobę. Coraz bardziej wydajne systemy informatyczne i związane z tym możliwości spowodowały ogromny wzrost zainteresowania inwestycjami z wykorzystaniem opcji egzotycznych. Największą popularność zdobyły opcje barierowe i azjatyckie, a także opcje „gotówka albo nic”, zaliczane do opcji binarnych, których konstrukcja odzwierciedla zasadę: wszystko albo nic.

Opcje binarne są wykorzystywane do tworzenia syntetycznych instrumentów inwestycyjnych, których konstrukcja polega najczęściej na zachowaniu podstawowych właściwości dla danego instrumentu oraz wprowadzeniu funkcji wypłaty dla opcji binarnej. Do najpopularniejszych należą barierowe opcje binarne i korelacyjne opcje binarne [Malinowski 2009]. Wiele publikacji naukowych z ostatnich lat koncentruje się na zagadnieniach metodycznych, związanych z wyceną barierowych opcji binarnych (np. [Thavaneswaran i in. 2013], [Appolloni i Ligori 2014], [Nouri i in. 2016], [Gao i Wei 2020] czy [Ratanov 2022]). Natomiast celem niniejszej pracy jest przedstawienie charakterystyki klasycznych i zmodyfikowanych opcji „gotówka albo nic”, metod ich wyceny, przykładów zastosowań oraz zagrożeń związanych z obrotem pozagiełdowym.

OPCJE „GOTÓWKA ALBO NIC” I ICH MODYFIKACJE: CHARAKTERYSTYKA I METODY WYCENY

Klasyczne opcje „gotówka albo nic”

Opcje „gotówka albo nic” (*cash-or-nothing*), należące do opcji binarnych (*binary options*), określanych również jako cyfrowe (*digital*), są instrumentami o nieciągłej funkcji wypłaty, która zależy w sposób skokowy od ceny instrumentu bazowego. Mogą przyjmować dwie formy:

- opcji kupna (*call*),
- opcji sprzedaży (*put*).

W przypadku opcji kupna tego typu, wypłata jest równa zero, jeśli cena instrumentu bazowego (S) w momencie wygaśnięcia kontraktu – chwili T jest niższa od ceny wykonania (X). Natomiast jeśli cena instrumentu bazowego (S) w momencie T jest wyższa od ceny wykonania (X), wypłata z opcji jest równa ustalonej sumie Q . Opcja sprzedaży typu „gotówka albo nic” wypłaca sumę Q , jeśli cena instrumentu bazowego (S) jest niższa od ceny wykonania (X), a nie wypłaca nic, jeśli cena instrumentu bazowego (S) jest wyższa od ceny wykonania (X) [Hull 2017].

Opcje „gotówka albo nic” mogą być wystawiane na różne instrumenty bazowe. Należą do nich między innymi:

- kontrakty *futures* na najważniejsze światowe indeksy giełdowe, np. S&P 500, Nasdaq, FTSE 100, Nikkei 225;
- towarowe kontrakty *futures*, np. *futures* na ropę naftową, gaz ziemny, złoto, srebro, miedź, kukurydzę czy soję;
- kursy walut, np. AUD/USD, EUR/USD, EUR/JPY, GBP/USD, USD/CAD/USD/CHF czy USD/JPY;
- dane o charakterze ekonomicznym, np. takie wskaźniki jak stopa procentowa funduszy federalnych (*federal funds rate*), liczba wniosków o zasiłek dla bezrobotnych (*jobless claims*) czy zmiana zatrudnienia w sektorach pozarolniczych (*nonfarm payrolls*) [Nekritin 2012].

Jak piszą Gudaszewski i in. [2004], wartość (premia) opcji kupna „gotówka albo nic” to zaktualizowana wartość przyszłej wypłaty przemnożona przez prawdopodobieństwo, że przyszła cena instrumentu bazowego przewyższy cenę wykonania. W przypadku opcji sprzedaży ta wartość jest mnożona przez prawdopodobieństwo, że cena instrumentu bazowego będzie niższa od ceny wykonania. Zatem wartość premii opcji kupna C i wartość premii opcji sprzedaży P wynoszą odpowiednio:

$$C = Q \cdot e^{-rT} \cdot N(d_2), \quad (1)$$

$$P = Q \cdot e^{-rT} \cdot N(-d_2), \quad (2)$$

gdzie:

$$d_2 = \frac{\ln\left(\frac{S}{X}\right) + \left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right) \cdot T}{\sigma \cdot \sqrt{T}}, \quad (3)$$

$N(d)$ to wartość dystrybuanty standaryzowanego rozkładu normalnego dla argumentu d , r oznacza stopę wolną od ryzyka, T – czas do wygaśnięcia opcji wyrażony w latach, σ – historyczną zmienność cen w ujęciu rocznym.

Wartość sumy Q wpływa dodatnio zarówno na wartość opcji kupna, jak i sprzedaży. Jeśli opcje „gotówka albo nic” są głęboko w pieniądzu, wartość premii przestaje być wrażliwa na zmiany ceny instrumentu bazowego, a górną granicę wartości premii stanowi zdyskontowana w sposób ciągły suma Q [Kolb, Overdahl 2007]. Warto jeszcze zauważyć, że równowartość portfela zawierającego opcję kupna „gotówka albo nic” oraz opcję sprzedaży „gotówka albo nic” o takim samym

czasie do wygaśnięcia, wystawione na ten sam instrument bazowy, także jest równa wartości bieżącej wypłacanej kwoty Q zdyskontowanej stopą wolną od ryzyka występującą w czasie życia opcji [Pruchnicka-Grabias 2021].

Korelacyjne opcje „gotówka albo nic”

W przypadku korelacyjnych opcji typu „gotówka albo nic” mamy do czynienia z dwoma instrumentami bazowymi, od wartości których uzależniona jest wypłata z takich opcji. Przy czym można wyróżnić cztery rodzaje korelacyjnych opcji „gotówka albo nic”. Są to [Haug 2007]:

1. Dwuczynnikowa opcja kupna gotówka albo nic (*two-asset cash-or-nothing call*), która wypłaci z góry ustaloną kwotę Q , jeśli w dniu jej wygaśnięcia cena pierwszego waloru (S_1) będzie wyższa niż cena wykonania (X_1) oraz jednocześnie cena drugiego waloru (S_2) będzie wyższa niż cena wykonania (X_2);
2. Dwuczynnikowa opcja sprzedaży gotówka albo nic (*two-asset cash-or-nothing put*), która wypłaci z góry ustaloną kwotę Q , jeśli w dniu jej wygaśnięcia cena pierwszego waloru (S_1) będzie niższa niż cena wykonania (X_1) oraz jednocześnie cena drugiego waloru (S_2) będzie niższa niż cena wykonania (X_2);
3. Dwuczynnikowa opcja gotówka albo nic typu „up and down” (*two-asset cash-or-nothing up-down*), która wypłaca z góry ustaloną kwotę Q , jeśli w dniu jej wygaśnięcia cena pierwszego waloru (S_1) będzie wyższa niż cena wykonania (X_1) oraz jednocześnie cena drugiego waloru (S_2) będzie niższa niż cena wykonania (X_2);
4. Dwuczynnikowa opcja gotówka albo nic typu „down and up” (*two-asset cash-or-nothing down-up*), która wypłaca z góry ustaloną kwotę Q , jeśli w dniu jej wygaśnięcia cena pierwszego waloru (S_1) będzie niższa niż cena wykonania (X_1) oraz jednocześnie cena drugiego waloru (S_2) będzie wyższa niż cena wykonania (X_2).

Na wartość korelacyjnych opcji „gotówka albo nic” wpływają ceny obu instrumentów bazowych i poziomy ich zmienności historycznej, obie ceny wykonania, stopa wolna od ryzyka, czas do wygaśnięcia opcji i wartość kwoty Q . Jednak w tym przypadku występuje jeszcze jeden dodatkowy czynnik – korelacja logarytmicznych stóp zwrotu obu instrumentów bazowych (ρ). Jej wpływ jest odmienny w zależności od typu opcji. Mianowicie dwa pierwsze rodzaje opcji (1 i 2) będą tym droższe im silniejsza dodatnia korelacja stóp zwrotu i tym tańsze im silniejsza ujemna korelacja stóp zwrotu. Podczas gdy dwa kolejne rodzaje opcji (3 i 4) – odwrotnie – będą tym tańsze im silniejsza dodatnia korelacja stóp zwrotu i tym droższe im silniejsza ujemna korelacja stóp zwrotu.

Do wyceny wartości omówionych opcji można wykorzystać wzory zaproponowane przez Heynena i Kata [1996]:

$$1. V_C = Q \cdot e^{-rT} \cdot M(d_{1,1}, d_{2,2}; \rho), \quad (4)$$

$$2. V_P = Q \cdot e^{-rT} \cdot M(-d_{1,1}, -d_{2,2}; \rho), \quad (5)$$

$$3. V_{UD} = Q \cdot e^{-rT} \cdot M(d_{1,1}, -d_{2,2}; -\rho), \quad (6)$$

$$4. V_{DU} = Q \cdot e^{-rT} \cdot M(-d_{1,1}, d_{2,2}; -\rho), \quad (7)$$

gdzie:

$$d_{i,j} = \frac{\ln\left(\frac{S_i}{X_j}\right) + \left(r - \frac{\sigma_i^2}{2}\right) \cdot T}{\sigma_i \sqrt{T}}, \quad (8)$$

zaś M – dystrybuanta dwuwymiarowego rozkładu normalnego.

Barierowe opcje „gotówka albo nic”

Barierowe opcje „gotówka albo nic” łączą elementy konstrukcji opcji barierowych (*barrier options*) i opcji gotówka albo nic. Opcje barierowe przypominają klasyczne kontrakty opcyjne, ale w ich przypadku występuje pewien dodatkowy element – ustalony z góry poziom – bariera (H). W zależności od tego, czy opcja wygasa, czy jest aktywna po osiągnięciu tego poziomu, wyróżnia się opcje typu [Bartkowiak, Echaust 2019]:

- *knock-out*,
- *knock-in*.

Te pierwsze są aktywne od chwili wystawienia opcji aż do momentu, w którym cena instrumentu bazowego przekroczy cenę progową (barierę) – wówczas opcja ulega dezaktywacji i wygasa bezwartościowo. Te drugie uaktywniają się od chwili przekroczenia przez cenę instrumentu bazowego bariery i dalej funkcjonują jak opcje standardowe.

Uwzględniając położenie bariery w stosunku do ceny instrumentu bazowego, wyróżnia się:

- opcje z barierą wejścia w dół (*down and in*) oraz opcje z barierą wyjścia w dół (*down and out*), dla których poziom bariery wyznacza się poniżej bieżącej ceny instrumentu bazowego,
- opcje z barierą wejścia w górę (*up and in*) oraz opcje z barierą wyjścia w górę (*up and out*), dla których poziom bariery ustawiony jest powyżej bieżącej ceny instrumentu bazowego [Dziawgo 2013].

Natomiast barierowe opcje „gotówka albo nic” mogą występować, między innymi, w następujących wariantach [Nelken 2000]:

- opcja „gotówka albo nic” z barierą wejścia w górę (*up-and-in cash-or-nothing option*) oraz opcja „gotówka albo nic” z barierą wejścia w dół (*down-and-in cash-or-nothing option*), których nabywcy otrzymują w dniu wygaśnięcia kwotę Q ,

pod warunkiem, że w ciągu życia opcji cena instrumentu bazowego przekroczyła poziom bariery;

- opcja „gotówka albo nic” z barierą wyjścia w górę (*up-and-out cash-or-nothing option*) oraz opcja „gotówka albo nic” z barierą wyjścia w dół (*down-and-out cash-or-nothing option*), których nabywcy otrzymują w dniu wygaśnięcia kwotę Q , pod warunkiem, że w ciągu życia opcji cena instrumentu bazowego nie przekroczyła poziomu bariery.

Ich wyceny można dokonać, stosując wzory, przedstawione przez Hauga [2007]:

$$B_1 = Q \cdot e^{-rT} \cdot N(\varphi \cdot x_1 - \varphi \cdot \sigma \cdot \sqrt{T}), \quad (9)$$

$$B_2 = Q \cdot e^{-r} \left(\frac{H}{S}\right)^{2\mu} N(\vartheta \cdot y_2 - \vartheta \cdot \sigma \sqrt{T}), \quad (10)$$

$$x_1 = \frac{\ln(S/H)}{\sigma \cdot \sqrt{T}} + (\mu + 1) \cdot \sigma \cdot \sqrt{T}, \quad (11)$$

$$y_2 = \frac{\ln(H/S)}{\sigma \cdot \sqrt{T}} + (\mu + 1) \cdot \sigma \cdot \sqrt{T}, \quad (12)$$

$$\mu = \frac{r - \frac{\sigma^2}{2}}{\sigma^2}, \quad (13)$$

przy czym ϑ i φ mogą przyjmować wartość 1 lub -1 .

Wówczas:

- wartość opcji „gotówka albo nic” z barierą wejścia w górę ($S < H$):

$B_1 + B_2$, przy czym $\vartheta = -1$ oraz $\varphi = 1$;

- wartość opcji „gotówka albo nic” z barierą wejścia w dół ($S > H$):

$B_1 + B_2$, przy czym $\vartheta = 1$ oraz $\varphi = -1$;

- wartość opcji „gotówka albo nic” z barierą wyjścia w górę ($S < H$):

$B_1 - B_2$, przy czym $\vartheta = -1$ oraz $\varphi = -1$;

- wartość opcji „gotówka albo nic” z barierą wyjścia w dół ($S > H$):

$B_1 - B_2$, przy czym $\vartheta = 1$ oraz $\varphi = 1$.

PRZYKŁADY ZASTOSOWANIA KLASYCZNYCH I ZMODYFIKOWANYCH OPCJI „GOTÓWKA ALBO NIC”

W celu praktycznej ilustracji mechanizmu funkcjonowania klasycznych i zmodyfikowanych opcji „gotówka albo nic” zostały wykorzystane dane empiryczne w postaci dziennych notowań w okresie od 15 lutego 2022 roku do 15 lutego 2023 roku dwóch metali szlachetnych: złota i palladu. Złoto od dawna jest postrzegane przez inwestorów jako bezpieczna forma inwestycji, dająca zabezpieczenie przed inflacją i spadkiem siły nabywczej pieniądza. Również pallad

od pewnego czasu zdobywa coraz większą popularność jako metal inwestycyjny. Jego ceny rosły od 2016 roku, a w styczniu 2019 roku stał się droższy od złota.

Pobrane z serwisu Stooq.pl notowania obu metali (w USD/uncję) posłużyły do przygotowania parametrów niezbędnych do wyceny opcji, a następnie do wyznaczenia wartości funkcji wypłaty z opcji w dniu ich wygaśnięcia. We wszystkich przypadkach dniem wystawienia opcji jest 15 września 2022 roku, zaś dniem wygaśnięcia jest 15 lutego 2023 roku, stąd czas do wygaśnięcia opcji wynosi pół roku. Wartości zmienności historycznej (σ) oraz korelacji (ρ) obliczono na podstawie złożonych w sposób ciągły stóp zwrotu w okresie 6 miesięcy poprzedzających dzień wystawienia opcji. Jako stopę wolną od ryzyka przyjęto sześciomiesięczny LIBOR w dniu 15 września 2022 roku.

Klasyczne opcje „gotówka albo nic”

Instrumentem bazowym dla konstruowanych opcji „gotówka albo nic” jest złoto. Jego cena w dniu wystawienia opcji (15 września 2022 roku) to $S=1677,30$. Cenę wykonania ustalono na poziomie $X=1700$. Czas do wygaśnięcia opcji to 6 miesięcy ($T=0,5$). Historyczna zmienność cen złota w ujęciu rocznym $\sigma=15\%$, a stopa wolna od ryzyka $r=4,06\%$. Przyjęto, że jeśli w dniu wygaśnięcia opcje będą „w pieniądzu” (*in-the-money*), wypłacą kwotę $Q=500$ USD. Przy tak ustalonych parametrach wejściowych, wartości premii opcji „gotówka albo nic” wynoszą odpowiednio:

- dla opcji kupna $C=271,93$ USD,
- dla opcji sprzedaży $P=218,02$ USD.

Suma premii obu opcji wynosi 489,95 USD, co odpowiada zdyskontowanej w sposób ciągły kwocie Q i jednocześnie stanowi górną granicę wartości premii dla opcji, które będą głęboko „w pieniądzu”.

W dniu wygaśnięcia analizowanych opcji (15 lutego 2023 roku) cena złota kształtowała się na poziomie $S_T=1845,30$ USD, co oznacza, że była wyższa od ceny wykonania (X) i w efekcie opcja kupna wypłaca kwotę Q (500 USD), podczas gdy wypłata z opcji sprzedaży wynosi zero. W tej sytuacji inwestor, który nabył opcję kupna, osiągnie zysk netto (po uwzględnieniu zapłaconej premii) na poziomie 228,07 USD. Natomiast nabywca opcji sprzedaży poniesie stratę odpowiadającą zapłaconej premii (218,02 USD).

Korelacyjne opcje „gotówka albo nic”

W związku z tym, że wypłata z korelacyjnych opcji „gotówka albo nic” jest uzależniona od dwóch instrumentów bazowych, to dodatkowo oprócz złota, jako drugi instrument bazowy, uwzględniono pallad. W dniu wystawienia opcji (15 września 2022 roku) ich ceny i zmienności historyczne kształtowały się następująco: $S_1=1677,30$ i $\sigma_1=15\%$ oraz $S_2=2146,10$ i $\sigma_2=57\%$. Ceny wykonania wynoszą: $X_1=1700$ i $X_2=2200$. Ponadto wartość współczynnika korelacji stóp zwrotu złota i

palladu $\rho=0,51$, stopa wolna od ryzyka $r=4,06\%$, czas do wygaśnięcia $T=0,5$ roku, kwota gotówkowa $Q=500$ USD.

Przy przyjętych parametrach wejściowych, premie poszczególnych korelacyjnych opcji „gotówka albo nic” wynoszą:

1. premia dwuczynnikowej opcji kupna „gotówka albo nic” $V_C=143,47$ USD,
2. premia dwuczynnikowej opcji sprzedaży typu „gotówka albo nic” $V_P=182,46$ USD,
3. premia dwuczynnikowej opcji gotówka albo nic typu „up and down” $V_{UD}=103,78$ USD,
4. premia dwuczynnikowej opcji gotówka albo nic typu „down and up” $V_{DU}=60,25$ USD.

W dniu wygaśnięcia analizowanych opcji (15 lutego 2023 roku) ceny instrumentów bazowych kształtowały się następująco: cena złota wynosiła 1845,20 USD, a cena palladu to 1444,50 USD. W efekcie:

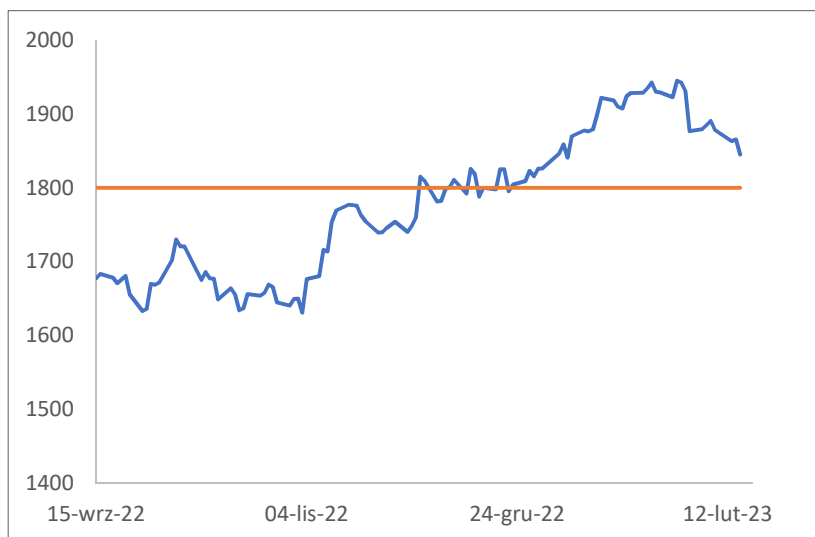
1. Dwuczynnikowa opcja kupna „gotówka albo nic” nie wypłaca nic, ponieważ nie został spełniony warunek, że w dniu wygaśnięcia cena pierwszego waloru (S_1) będzie wyższa niż cena wykonania (X_1) i jednocześnie cena drugiego waloru (S_2) będzie wyższa niż cena wykonania (X_2). Zatem inwestor, który nabył taką opcję, ponosi stratę równą zapłaconej premii (143,47 USD).
2. Wypłata z dwuczynnikowej opcji sprzedaży „gotówka albo nic” również wynosi zero, ponieważ nie został spełniony warunek, że w dniu wygaśnięcia cena pierwszego waloru (S_1) będzie niższa niż cena wykonania (X_1) oraz jednocześnie cena drugiego waloru (S_2) będzie niższa niż cena wykonania (X_2). Zatem inwestor, który nabył tę opcję, ponosi stratę na poziomie zapłaconej premii opcyjnej (182,46 USD).
3. Wypłata z opcji gotówka albo nic typu „up and down” wynosi 500 USD, ponieważ w dniu wygaśnięcia cena pierwszego waloru (S_1) jest wyższa niż cena wykonania (X_1) oraz jednocześnie cena drugiego waloru (S_2) jest niższa niż cena wykonania (X_2). W tej sytuacji zysk netto inwestora to 396,33 USD.
4. Wypłata z opcji gotówka albo nic typu „down and out” to zero, gdyż w tym przypadku nie został spełniony wymagany warunek, aby w dniu wygaśnięcia cena pierwszego waloru (S_1) była niższa niż cena wykonania (X_1) oraz jednocześnie cena drugiego waloru (S_2) była wyższa niż cena wykonania (X_2). Stąd strata inwestora wynosi 60,25 USD.

Barierowe opcje „gotówka albo nic”

Instrumentem bazowymi dla konstruowanych barierowych opcji „gotówka albo nic” jest złoto. Parametry wejściowe są analogiczne jak w przypadku

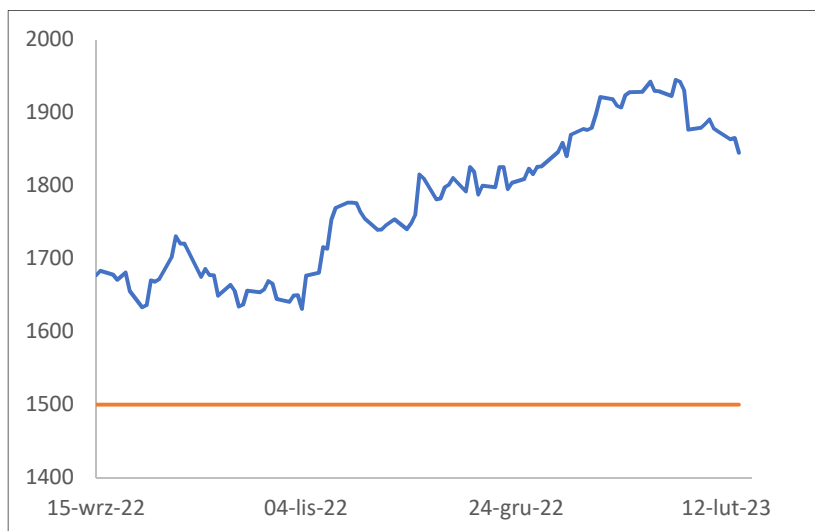
klasycznych opcji „gotówka albo nic”, tj. $S=1677,30$, $X=1700$, $T=0,5$, $\sigma=15\%$, $r=4,06\%$, $Q=500$ USD. Dodatkowo należy ustalić poziom bariery (H). Przyjęto, że jest to wartość 1800 USD. Zatem zachodzi relacja $S < H$, co pozwala wycenić wartość premii opcji „gotówka albo nic” z barierą wejścia w górę („up and in”) oraz wartość premii opcji z barierą wyjścia w górę („up and out”). Wynoszą one odpowiednio: 270,61 i 219,34 USD. Na rysunku 1 przedstawiono kształtowanie się ceny złota w czasie życia opcji i poziom bariery. Na tej podstawie można zauważyć, że cena złota osiągnęła poziom bariery (miało to miejsce w dniu 1 grudnia 2022 roku). Powoduje to dezaktywację opcji „gotówka albo nic” z barierą wyjścia w górę, co oznacza stratę jej nabywcy w kwocie odpowiadającej zapłaconej premii (219,34 USD). Natomiast opcja „gotówka albo nic” z barierą wejścia w górę staje się aktywna i w dniu wygaśnięcia wypłaca 500 USD, co dla jej posiadacza oznacza zysk netto na poziomie 229,39 USD.

Rysunek 1. Notowania złota w okresie od 15.09.2022 r. do 15.02.2023 r. i bariera $H=1800$



Źródło: opracowanie własne

Ustalenie bariery na poziomie $H=1500$ USD, umożliwia wycenę opcji „gotówka albo nic” z barierą wejścia w dół i z barierą wyjścia w dół. Ich premie wynoszą odpowiednio: 123,11 i 366,84 USD. Na rysunku 2 przedstawiono kształtowanie się ceny złota w czasie życia opcji i nowy poziom bariery.

Rysunek 2. Notowania złota w okresie od 15.09.2022 r. do 15.02.2023 r. i bariera $H=1500$ 

Źródło: opracowanie własne

Na podstawie rysunku 2 można zauważyć, że cena złota nie osiągnęła poziomu bariery. Powoduje to, że opcja „gotówka albo nic” z barierą wejścia w dół pozostaje nieaktywna, a jej posiadacz ponosi stratę równą zapłaconej premii (123,11 USD). Jednocześnie nie nastąpiła dezaktywacja opcji „gotówka albo nic” z barierą wyjścia w dół, więc w dniu wygaśnięcia wypłaci ona 500 USD, a jej nabywca zyska netto 133,16 USD.

PODSUMOWANIE

Szukając przyczyn rozwoju opcji egzotycznych, należy m.in. wskazać na: rosnącą zdolność instytucji finansowych do tworzenia złożonych instrumentów pochodnych w wyniku rozwoju teorii ich wyceny; niższe koszty instrumentów egzotycznych niż struktur będących liniowymi złożeniami opcji giełdowych; większą elastyczność opcji egzotycznych i ich lepsze dopasowanie do indywidualnych potrzeb inwestora niż w przypadku opcji giełdowych; rosnącą wiedzę użytkowników instrumentów pochodnych (zarządzających ryzykiem w przedsiębiorstwach i funduszach inwestycyjnych), którzy rozumieją złożony profil ryzyka ich pozycji i domagają się kompleksowych rozwiązań; rosnącą konkurencją na rynku instytucji finansowych w latach 90. XX wieku, powodującą, iż narzędziem walki o klienta stawały się skomplikowane opcyjne instrumenty egzotyczne; wysoką stopę zysku z tych instrumentów w wypadku trafnych przewidywań rozwoju sytuacji rynkowej przez inwestora [Malinowski 2009].

Opcjami, które bardzo zyskały na znaczeniu, były opcje binarne, które w krótkim czasie stały się popularnym instrumentem inwestycyjnym. Sprzyjało temu dynamicznie rosnące zainteresowanie inwestycjami na rynku Forex oraz dostępność internetowych platform transakcyjnych do handlu opcjami binarnymi. W związku z tym, że inwestowanie w te opcje polega właściwie na spekulacji, czy cena danego aktywa będzie na niższym, czy wyższym poziomie i nie wymaga specjalnej wiedzy, na ich zakup często decydowali się początkujący, co niestety brokerzy niejednokrotnie przeciwko nim wykorzystywali. Amoralni pośrednicy prowadzili agresywne działania marketingowe, kierowane do grupy najmniej doświadczonych i niewykwalifikowanych inwestorów. Prezentowane reklamy zwykle ukazywały wizję atrakcyjnego zarobku, nie wspominając o towarzyszącym ryzyku. Informacje na temat niebezpieczeństwa utraty środków były przez brokerów zupełnie pomijane lub umieszczane na stronach internetowych w mało widocznych miejscach [www.giełdomania.pl].

Liczne kontrowersje sprawiły, że rynkiem opcji binarnych zaczęły się interesować zarówno organy o charakterze krajowym, jak i międzynarodowym, co w pewnym momencie doprowadziło do zakazu handlu nimi w wielu krajach europejskich, w tym w Polsce. Działania regulatorów zmierzają przede wszystkim do większej ochrony konsumentów jako słabszego ogniwa rynku. Spośród wielu rozporządzeń i dyrektyw unijnych, kluczowe znaczenie dla rynku instrumentów pochodnych mają następujące regulacje [Mielus 2021]: Markets in Financial Instruments Directive/Regulation (MiFID2/MiFIR), European Market Infrastructure Regulation (EMIR), regulacje bazylejskie oraz Benchmark Regulation (BMR).

Natomiast Stany Zjednoczone, które mają jeden z najbardziej rygorystycznie regulowanych rynków finansowy, zezwalają na obrót opcjami binarnymi nie tylko na giełdach, ale także poprzez platformy internetowe, choć te ostatnie (wraz ze wzrostem ich liczby) również stały się miejscem nieuczciwych praktyk. Typowe nieprawidłowości, zgłaszane przez klientów do Securities and Exchange Commission (SEC) oraz do Commodity Futures Trading Commission (CFTC), obejmują takie praktyki, jak utrudnianie klientom wycofania środków z rachunku inwestycyjnego, kradzież tożsamości oraz manipulowanie systemami tradingowymi w celu wygenerowania straty klienta. Dlatego SEC i CFTC rekomendują korzystanie z usług wyłącznie zarejestrowanych podmiotów, np. giełd posiadających uprawnienia do obrotu opcjami binarnymi (Cantor Exchange LP, Chicago Mercantile Exchange czy North American Derivatives Exchange) lub zarejestrowanych platform internetowych i nieinwestowanie kapitału w instrumenty, których funkcjonowania inwestorzy nie rozumieją [www.investor.gov].

Niniejsza praca, której celem było przedstawienie charakterystyki klasycznych i zmodyfikowanych opcji „gotówka albo nic”, metod ich wyceny, przykładów zastosowań oraz zagrożeń związanych z obrotem pozagiełdowym, z pewnością może przyczynić się do zwiększenia wiedzy i świadomości potencjalnych

inwestorów. Szczególnie, że ta tematyka stosunkowo rzadko jest poruszana w krajowym piśmiennictwie.

BIBLIOGRAFIA

- Appolloni E., Lorigi A. (2014) Efficient Tree Methods for Pricing Digital Barrier Options. Cornell University, <https://doi.org/10.48550/arXiv.1401.2900>.
- Bartkowiak M., Echaust K. (2019) Instrumenty pochodne: Wprowadzenie do inżynierii finansowej. Wydawnictwo UEP, Poznań.
- Black F., Scholes M. (1973) The Pricing of Options and Corporate Liabilities. *Journal of Political Economy*, 81, May-June, 637-654.
- Crawford G., Sen B. (1998) Instrumenty pochodne. Wydawnictwo K.E. Liber, Warszawa.
- Dziawgo E. (2013) Ryzyko zmiany ceny instrumentu bazowego a zastosowanie opcji barierowych w transakcjach finansowych. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego 752, Ekonomiczne Problemy Usług*, 102, 471-482.
- Gao M., Wei Z.F. (2020) The Barrier Binary Options. *Journal of Mathematical Finance*, 10, 140-156, <https://doi.org/10.4236/jmf.2020.101010>.
- Gudaszewski W., Łukojć A., Mróz W. (2004) Wycena jednoczynnikowych opcji egzotycznych. *Rynek Terminowy*, 23(1), 13-23.
- Haug E.G. (2007) *Option Pricing Formulas*. McGraw-Hill, New York.
- Heynen R.C., Kat H.M. (1996) Brick by Brick. *Risk Magazine*, 9(6), 57-61.
- Hull J.C. (2017) *Options, Futures, and Other Derivatives*. Prentice Hall, Boston.
- Kolb R.W., Overdahl J.A. (2007) *Futures, Options, and Swaps*. Blackwell Publishing, Malden.
- Krawiec M. (2007) *Zastosowania instrumentów pochodnych do ograniczania ryzyka rynkowego*. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- Malinowski M. (2009) Opcje binarne na polskim rynku kapitałowym. *Ekonomia*, 17, *Acta Universitatis Vratislaviensis*, 3244, 81-93.
- Mielus P. (2021) *Pozagiełdowe instrumenty pochodne na rynku wschodzącym*. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.
- Nekritin A. (2012) *Binary options: Strategies for Directional and Volatility Trading*. Wiley & Sons, New York.
- Nelken I. (2000) *Pricing, Trading, and Hedging Exotic Options*. McGraw-Hill, New York.
- Nouri K., Abbasi B., Omidi F., Torkzadeh L. (2016) Digital Barrier Option Pricing: an Improved Monte Carlo Algorithm. *Mathematical Sciences*, 10, 65-70, <https://doi.org/10.1007/s40096-016-0179-817>.
- Pruchnicka-Grabias I. (2021) *Egzotyczne opcje finansowe*. Wydawnictwo CeDeWu, Warszawa.
- Ratanov N. (2022) On Barrier Binary Options in the Telegraph-Like Financial Market Model. *Computation*, 10(9), 163, <https://doi.org/10.3390/computation10090163>.
- Thavaneswaran A., Appadoo S.S., Frank J. (2013) Binary Option Pricing using Fuzzy Numbers. *Applied Mathematics Letters*, 26, 65-72, <https://doi.org/10.1016/j.aml.2012.03.034>.
- Wiśniewska E. (2007) *Giełdowe instrumenty pochodne*. Wydawnictwo CeDeWu, Warszawa.

www.gieldomania.pl/opcje-binarne [dostęp: 07.02.2023].

www.investor.gov/introduction-investing/general-resources/news-alerts/alerts-bulletins/investor-alerts/investor-61 [dostęp: 18.02.2023].

DESCRIPTION, PRICING AND APPLICATIONS OF SELECTED “ALL OR NOTHING” OPTIONS

Abstract: Binary options, often referred to as “all-or-nothing” options, became popular among traders because of their simplicity. These contracts are also combined with other exotic options to develop modified binary options such as correlation binary options or barrier binary options. With growing popularity of binary options the number of Internet-based trading platforms offering the opportunity to purchase and trade binary options has surged in recent years. It resulted in the number of binary options fraudulent practices to generate ignorant traders’ losses. This paper is aimed at providing the description of standard and modified “cash-or-nothing” options, methods for their pricing, exemplificatory applications and threats related to the over-the-counter trade in binary options.

Keywords: standard and modified “cash-or-nothing” options, option pricing, over-the-counter market, fraudulent practices

JEL classification: C10, C58, G10, G23