

Grzegorz Grela

Normowanie wartości właściwości inherentnych w konstruowaniu syntetycznych wskaźników jakości

Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska. Sectio H, Oeconomia 45/1, 161-171

2011

Artykuł został opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej bazhum.muzhp.pl, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

GRZEGORZ GRELA

*Normowanie wartości właściwości inherentnych
w konstruowaniu syntetycznych wskaźników jakości*

Normalisation of inherent characteristic values in composite quality indicators

Wprowadzenie

Do podejmowania trafnych decyzji w obszarze zarządzania jakością niezbędną jest wiedza na temat poziomu jakości obiektów, które są przedmiotem decyzji. E. Kindlarski twierdzi, że: „koniecznym warunkiem rozwoju nauki o jakości jest umiejętność pomiaru dynamiki zachodzących w niej zjawisk. Zapotrzebowanie na jednoznaczne informacje o poziomie jakości wyrobów, usług i obiektów budowlanych wynika z potrzeb współczesnej nauki, techniki, przemysłu i całej gospodarki narodowej. Jakość może być przedmiotem analiz, planowania i kontroli tylko jako wielkość mierzalna¹. Podobne stanowisko prezentuje E. Skrzypek, pisze ona: „żeby mieć informacje o jakości, trzeba ją mierzyć i kontrolować²”.

W praktyce najczęściej mamy do czynienia z obiektami, które są charakteryzowane przez wiele cech. Do sprawnego podejmowania decyzji oraz porównywania jakości różnych obiektów lub do oceny zmian jakościowych tego samego obiektu w czasie istnieje potrzeba zagregowania wartości wielu cech obiektu za pomocą jednego wskaźnika. Syntetyczny wskaźnik jakości opisuje jakość obiektu za pomocą jednej liczby pochodzącej z założonego przedziału zmienności, np. $\langle 0;1 \rangle$. Jednym z podstawowych problemów przy konstruowaniu syntetycznych wskaźników jakości jest sprowadzenie wartości cech obiektu wyrażonych w różnych jednostkach miar do

¹ E. Kindlarski, *Jakość wyrobów*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1988, s. 27.

² E. Skrzypek, *Jakość i efektywność*, Wydawnictwo UMCS, Lublin 2000, s. 173.

takiej samej skali względnej. Wobec różnorodności definicji pojęcia jakości w literaturze dla potrzeb rozważań w niniejszym artykule przyjęto definicję za normą ISO 9000:2005 w tłumaczeniu zapisanym w normie PN-EN ISO 9000:2006 w punkcie 3.1.1, jako: „stopień, w jakim zbiór inherentnych³ właściwości spełnia wymagania”.

1. Pomiar jakości na poziomie analitycznym i syntetycznym

Pomiar jakości może być przeprowadzony na dwóch poziomach: analitycznym oraz syntetycznym. Wynikiem pomiaru na poziomie analitycznym jest n-wymiarowy wektor wartości właściwości inherentnych opisujący stan jakościowy obiektu. Natomiast na poziomie syntetycznym wynikiem pomiaru jest liczba niemianowana z przedziału $\langle 0,1 \rangle$, gdzie 1 oznacza pełną zgodność wartości właściwości inherentnych z wymaganiami, zaś 0 zupełny brak zgodności, wszystkie wartości pośrednie oznaczają częściową zgodność z wymaganiami, tym większą im wynik pomiaru bliższy jest 1. Do interpretacji wyniku pomiaru na poziomie analitycznym niezbędna jest dodatkowa wiedza na temat zidentyfikowanych wymagań oraz właściwości inherentnych (w szczególności ich ważności oraz akceptowanych przedziałów zmienności). Wynik pomiaru na poziomie syntetycznym jest znacznie prostszy do interpretacji i bardziej przydatny przy porównywaniu jakości obiektów, przez osoby nieposiadające wiedzy eksperckiej w zakresie właściwości inherentnych obiektu oraz zidentyfikowanych wymagań.

Stosowanie syntetycznych wskaźników jakości wiąże się z założeniem istnienia zjawiska substytucji właściwości inherentnych. Wśród wybranych rozwiązań wykorzystywanych w pomiarze i doskonaleniu jakości nie brakuje propozycji syntetycznych mierników jakości opartych na średniej arytmetycznej, w niektórych przypadkach np. SERVQUAL, SERVPERF lub QFD dodatkowo występuje średnia ważona. Zastosowanie funkcji liniowych do budowy wskaźnika syntetycznego oznacza przyjęcie stałej krańcowej stopy substytucji pomiędzy cechami wchodzącymi w jego skład niezależnie od poziomu wartości tych cech. Znając zjawisko malejącej krańcowej stopy substytucji wśród dóbr⁴, trudno nie podawać w wątpliwość stałej stopy substytucji wartości właściwości inherentnych w syntetycznych wskaźnikach jakości, jak również w ogóle możliwości substytucji niezależnie od wartości cech inherentnych.

W tabeli 1 zaprezentowano etapy budowania wskaźników syntetycznych. Jednym z kluczowych elementów procesu konstruowania syntetycznego wskaźnika jakości jest normowanie wartości wszystkich właściwości inherentnych obiektu. Zazwyczaj wartości te wyrażone są w różnych jednostkach miary, co uniemożliwia ich bezpośrednie porównanie. Nawet w sytuacjach, gdzie mamy do czynienia z tymi samymi

³ „Inherentny”, jako przeciwny do „przypisany”, oznacza tkwiący w istocie czegoś, szczególnie jako stała właściwość (uwaga 2 do punktu 3.1.1 normy PN-EN ISO 9000:2006).

⁴ Por. R. Milewski, E. Kwiatkowski (red.) *Podstawy ekonomii*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2005, s. 83-84 oraz N. G. Mankiw, *Principles of Microeconomics*, Cengage Learning, Mason 2011, s. 446-449.

jednostkami miary dla dwóch lub więcej właściwości inherentnych ich bezpośrednie porównanie może nie być możliwe z uwagi na różne wartości oczekiwane dla każdej z właściwości.

Tabela 1. Etapy budowania wskaźników syntetycznych

Etap	Opis i uzasadnienie
1. Koncepcja teoretyczna	Dostarcza podstaw teoretycznych do sformułowania kryteriów wyboru zmiennych do konstrukcji wskaźnika syntetycznego (rekomendowane jest tu zaangażowanie ekspertów i wszystkich zainteresowanych stron). Na tym etapie tworzone są definicje podstawowych pojęć, w tym zwłaszcza kategorii, która ma być kwantyfikowana za pomocą wskaźnika syntetycznego. W razie potrzeby, dzięki umocowaniu w teorii, można tworzyć podkategorie w ramach zmiennych wykorzystanych do konstrukcji wskaźnika.
2. Dobór zmiennych	Zmienne wybrane do konstrukcji wskaźnika powinny być powiązane z badanym zjawiskiem, cechować się dobrą jakością oraz dotyczyć wszystkich aspektów badanego zjawiska. W razie potrzeby do zbioru zmiennych wchodzących w skład wskaźnika syntetycznego można włączyć zmienne pośrednie. Podobnie jak w pierwszym etapie, tak i w tym rekomendowane jest zaangażowanie ekspertów i interesariuszy. Na tym etapie sprawdzamy jakość dostępnych danych, przeprowadzana jest dyskusja na temat mocnych i słabych stron wyselekcjonowanych zmiennych.
3. Zastępowanie braków danych	Należy ocenić, czy wśród zmiennych tworzących wskaźnik syntetyczny znajdują się takie, dla których występują braki danych. Jeśli tak, należy przyjąć algorytm do rozwiązania tego problemu oraz ocenić wpływ wstawionych sztucznie danych na wartości wskaźnika syntetycznego. Na tym etapie warto również przeanalizować wpływ przypadków skrajnych każdej zmiennej na wartości wskaźnika syntetycznego.
4. Analiza wielozmiennowa	Analizie podlega struktura całego zbioru danych. Porównywane są wnioski z analiz statystycznych z teoretycznymi założeniami dotyczącymi badanego zjawiska, zwłaszcza w kwestii tworzenia grup przez zmienne wchodzące w skład wskaźnika syntetycznego.
5. Normowanie	Przeprowadzane w celu zapewnienia porównywalności wartości wszystkich zamienionych. Zastosowany algorytm powinien spełniać wymagania wynikające z ujęcia teoretycznego kwantyfikowanej kategorii oraz rozkładu danych normowanej zmiennej.
6. Agregacja i ważenie	Powinny być wykonywane zgodnie z przyjętymi założeniami teoretycznymi w punkcie 1. Przeprowadzana jest analiza statystycznej i merytorycznej istotności korelacji pomiędzy zmiennymi. Na tym etapie podejmowana jest decyzja o postaci funkcji agregującej.
7. Testowanie jakości wskaźnika	Wykonywane są analizy czułości wskaźnika na zmiany poszczególnych jego składowych w kontekście przyjętej teorii. Porównywany jest stopień, w jakim wartości wskaźnika syntetycznego odzwierciedla zmiany wartości zmiennych, które go tworzą. Jeżeli istnieją inne wskaźniki opisujące badaną kategorię, wykonywane są analizy porównawcze wyników dla tych samych danych wejściowych. W razie potrzeby można cofnąć się do kroku 6 i zmodyfikować funkcję agregującą.

Opracowanie własne na podstawie: Handbook on constructing composite indicators: methodology and user guide, OECD Statistics Directorate and EC Joint Research Centre, OECD 2008, www.oecd.org oraz Saisana M., Saltelli A., S. Tarantola (2005) *Uncertainty and Sensitivity analysis techniques as tools for the quality assessment of composite indicators*, „Journal of the Royal Statistical Society” A, 2005, 168(2), 1-17.

2. Skale względne

Przedział zmienności zmiennej znormalizowanej jest ograniczony do przyjętej skali względnej. Ciekawą propozycją takiej skali jest „skala stanów względnych”⁵ autorstwa R. Kolmana (rys. 1.). „Wzorzec interpretacji stanów względnych – to właśnie jednościowa (co do wartości), uniwersalna (w zastosowaniach) skala jednolicie interpretowanych (w aspekcie nazewnictwa) stanów względnych. Liczba 1 na skali stanów odtwarza doskonałość umowną, czyli zupełne spełnienie wymagań przez wszystkie umownie przyjęte czynniki odtwarzające wymagania jakościowe. Liczba 0 (zero) oznacza zupełny brak jakiegokolwiek przejawów jakości. Liczby ułamkowe od 0 do 1 odtwarzają stany pośrednie różnej spełnialności wymagań jakościowych, czyli różne nasilenia oddziaływania na jakość poszczególnych jej czynników składowych, lub różny poziom jakości zbiorczej. Lewa skala stanów na rysunku 1 – to skala ujednoczonych ocen w gradacji pięciostopniowej dla czynników niemierzalnych. Prawa skala stanów – to skala wartości ciągłych dla stanów poszczególnych składowych czynników mierzalnych oraz dla wynikowego poziomu jakości zbiorczej. Cały obszar od 0 do 1 skali stanów względnych dzieli się na dziesięć równych części wyznaczanych wartościami ułamków dziesiętnych. Każda z dziesięciu części wyznacza obszar odpowiedniej klasy jakości, które ponumerowano liczbami: 0 - 1 - 2 - (najkorzystniejsze) do -7-8-9- (najmniej korzystne)”⁶.

Skala przyjęta do normowania wartości zmiennych powinna również być zastosowana do interpretacji wartości całego syntetycznego wskaźnika jakości.

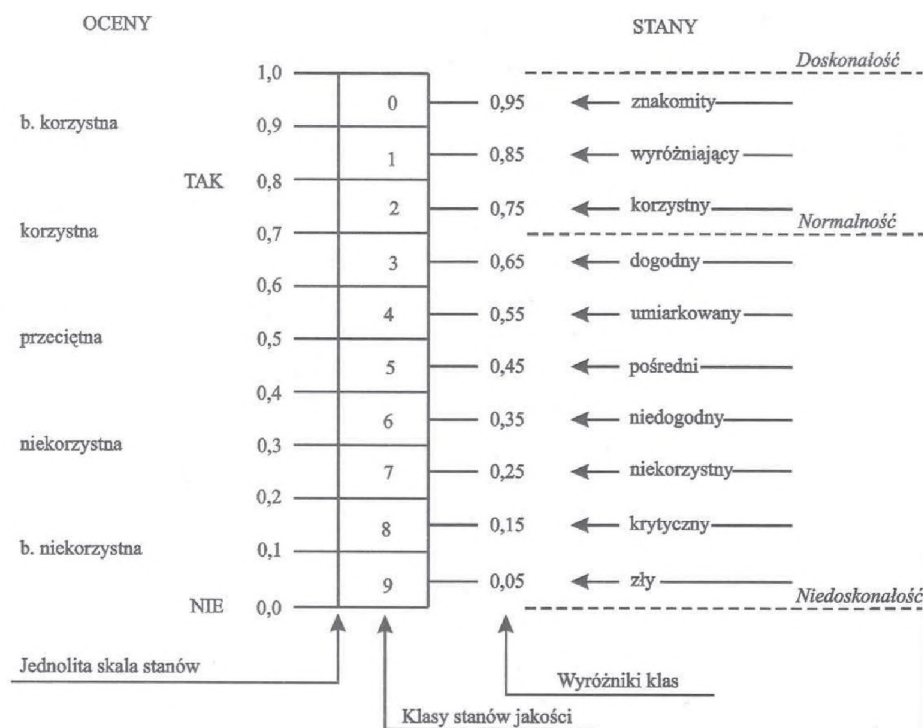
Przykładem szeroko rozpowszechnionej w praktyce skali względnej opisującej jakość może być pięciostopniowa skala oceny klasy obiektów hotelarskich (gwiazdkowa). Jest to skala porządkowa. W Polsce na mocy ustawy o usługach turystycznych „zaszeregowania obiektów hotelarskich do poszczególnych rodzajów dokonuje, kategorię nadaje oraz prowadzi ich ewidencję wojewoda właściwy ze względu na miejsce położenia obiektu hotelarskiego”⁷. Szczegółowe wytyczne co do wymagań, jakie powinny spełniać właściwości inherentne obiektów hotelarskich, na każdym poziomie jakości, znajdują się w rozporządzeniu Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 19 sierpnia 2004 roku w sprawie obiektów hotelarskich i innych obiektów, w których są świadczone usługi hotelarskie⁸.

⁵ Skala ta nazywana bywa również „wzorcem interpretacji stanów względnych”.

⁶ R. Kolman, *Kwalitologia – wiedza o różnych dziedzinach jakości*, PLACET, Warszawa 2009, s. 64.

⁷ Art. 38. Ustawa z dnia 29 sierpnia 1997 r. o usługach turystycznych (Tekst jednolity: Dz. U. z 2004 r. Nr 223, poz. 2268).

⁸ Dz.U. 2006 nr 22 poz. 169, Obwieszczenie Ministra Gospodarki z dnia 24 stycznia 2006 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Gospodarki i Pracy w sprawie obiektów hotelarskich i innych obiektów, w których świadczone są usługi hotelarskie.



Rys. 1. Skala stanów względnych autorstwa R. Kolmana

Źródło: R. Kolman, *Kwalitologia – wiedza o różnych dziedzinach jakości*, PLACET, Warszawa 2009, s 38.

3. Metody normowania zmiennych

Nie zawsze wzrost wartości właściwości inherentnych wpływa pozytywnie na jakość obiektu. Ze względu na wpływ tych zmian właściwości inherentne obiektów można podzielić na trzy grupy⁹:

- stymulanty,
- destymulanty,
- nominaty.

Stymulantą nazywamy taką właściwość inherentną, której wzrost wartości powoduje wzrost jakości obiektu. Przykładem stymulanty może być pojemność bagażnika w samochodzie osobowym lub maksymalna wytrzymałość liny.

⁹ Por. M. Kolenda, *Taksonomia numeryczna. Klasyfikacja, porządkowanie i analiza obiektów wielocechowych*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu, Wrocław 2006, s. 21.

R. Kolman wymienione trzy kategorie nazywa odpowiednio: maksyment, miniment i optyment,

Destymulantą nazywamy taką właściwość inherentną, której wzrost wartości wywołuje spadek jakości obiektu. Dla samochodu osobowego przykładem destymulanty może być zużycie paliwa na 100 km. Dla usługi gastronomicznej w barach szybkiej obsługi destymulantą jest czas oczekiwania na realizację zamówienia.

Nominantą nazywamy taką właściwość inherentną, gdzie wraz ze zmianą wartości w kierunku ustalonego poziomu pożądanego rośnie jakość obiektu. Pozostając przy przykładzie samochodu osobowego, nominantą może być np. czerwony kolor nadwozia. W przypadku usługi hotelowej zaś nominantą może być temperatura w pokoju.

„Cechy po unormowaniu powinny być wartościami bez miana oraz powinny mieć podobne (co do skali wielkości) wartości liczbowe”¹⁰. R. Kolman zaproponował zasadę wartościowania jakości, „polegającą na sprowadzaniu stanów bezwzględnych czynników mierzalnych do stanów względnych w ich istniejącym obszarze zmienności. Umożliwia to wykonywanie na stanach względnych różnych operacji matematycznych, przy zachowaniu fizycznego sensu przekształconych do stanu względnego czynników”¹¹.

Dla czytelności porównań przy wartościowaniu jakości należy wszystkie wartości inherentne unormować jako stymulanty. W literaturze istnieje wiele wzorów umożliwiających zamianę zarówno destymulanty, jak i nominanty na stymulantę¹².

Do najpopularniejszych metod normowania zmiennych można zaliczyć:

- nadawanie rang wartościom cechy,
- przekształcenie formułą liniową $y=ax+b$,
- przekształcenia tożsame z poniższym wzorem:

$$x'_i = \left(\frac{x_i - A}{B} \right)^p \quad (\text{wzór 1})^{13}$$

gdzie:

x'_i – unormowana wartość i-tego elementu cechy X,

x_i – wartość i-tego elementu cechy X przed unormowaniem,

A, B, p – parametry, dla $p=1$ wzór 1 jest przekształceniem liniowym, zaś dla pozostałych wartości p jest przekształceniem nieliniowym. Parametr A służy do zmiany skali wartości cechy. Najczęściej przybiera on jedną z następujących wartości: 0, \bar{x} , x_{\min} , x_{\max} .

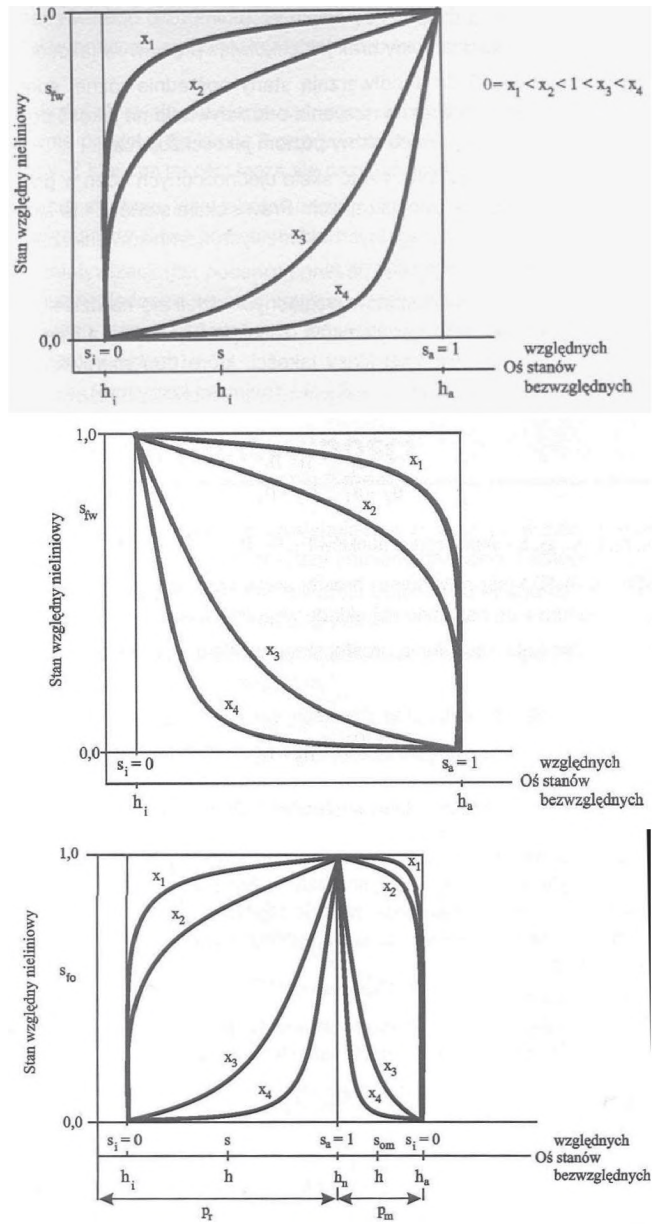
Parametr B pełni funkcję czynnika skalującego (pozbawia cechę miana) najczęściej przyjmuje on jedną z następujących wartości: \bar{x} , x_{\min} , x_{\max} , $x_{\max} - x_{\min}$, S_x , $\sum_{j=1}^n x_j$.

¹⁰ M. Kolenda, *op. cit.*, s. 40.

¹¹ R. Kolman, *op. cit.*, s. 61.

¹² Por. M. Kolenda, *op. cit.*, s. 22-28 oraz Handbook on constructing composite indicators: methodology and user guide, OECD Statistics Directorate and EC Joint Research Centre, OECD 2008, www.oecd.org, s. 32.

¹³ M. Kolenda, *op. cit.*, s. 40-45 oraz T. Grabiński, S. Wydymus, A. Zeliaś, *Metody taksonomii numerycznej w modelowaniu zjawisk społeczno-gospodarczych*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1989, s. 28.



Rys. 2. Krzywe stanów względnych dla maksimum (stymulanty), minimum (destymulanty) oraz optymentu (nominanty).

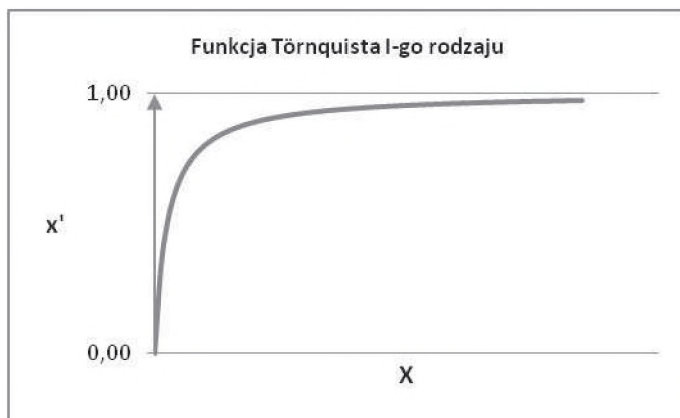
Źródło: R. Kolman, *Kwalitologia – wiedza o różnych dziedzinach jakości*, PLACET, Warszawa 2009, s. 63,68,70.

Jeżeli we wzorze 1 przyjmiemy $A = x_{\min}$; $B = x_{\max} - x_{\min}$ oraz $p=1$ otrzymamy wzór rekomendowany przez T. Borysa¹⁴ do normowania wartości bezwzględnych oraz wzór rekomendowany przez R. Kolmana¹⁵ dla normowania stymulant (maksymentów). Dla normowania destymulant (minimentów) R. Kolman rekomenduje $A = x_{\max}$ oraz $B = x_{\min} - x_{\max}$. Przekształcenie takie nazywamy unitaryzacją, powoduje ono zmianę wartości zmiennej do przedziału $<0;1>$. Jeżeli we wzorze 1 ustawimy parametry w sposób następujący: $B = S_x$, $A = \bar{x}$, $p=1$ – to przekształcenie według tak sparametryzowanego wzoru nazywane jest standaryzacją.

W przypadku nominanty przed zastosowaniem wzoru 1 można zamienić nominantę na destymulantę poprzez obliczenie odległości od pożądanej wartości, np. jako wartości bezwzględnej z różnicy x_i oraz wartości pożądanej dla nominanty. W zależności od zastosowanej metryki wartości mogą być unormowane liniowo bądź nieliniowo. Na rysunku 2 zaprezentowane zostały krzywe stanów względnych opracowane przez R. Kolmana dla maksymentu (stymulanty), minimentu (destymulanty) oraz optymentu (nominanty), przy założeniu unormowania nieliniowego.

Postać funkcji normującej wyrażona wzorem 1 posiada pewne ograniczenia. Zakłada ona skończone przedziały zmienności wartości inherentnych. Jeśli na etapie normowania brakuje danych o maksymalnych i minimalnych możliwych wartościach właściwości inherentnych, można wykorzystać funkcję logistyczną lub funkcję Törnquista I i II rodzaju.

$$x'_i = \frac{ax_i}{b + x_i} \text{ gdzie } a, b > 0 \quad (\text{wzór 2})$$



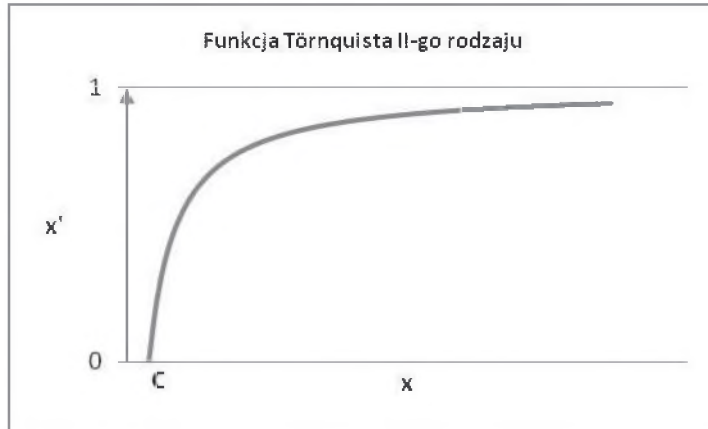
Rys. 3. Wykres funkcji Törnquista I rodzaju dla $a=b=1$

Źródło: opracowanie własne

¹⁴ T. Borys, *Kwalimetria, teoria i zastosowania*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Krakowie, Kraków 1991, s. 29.

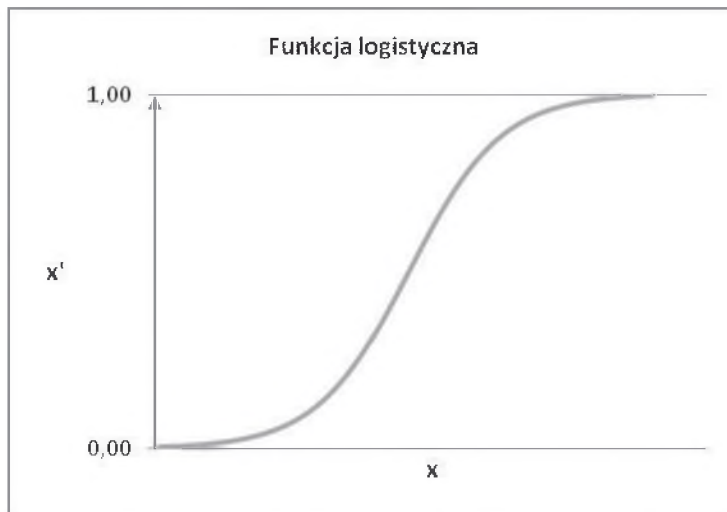
¹⁵ R. Kolman, *op.cit.*, s. 63

$$x'_i = \frac{a(x_i - c)}{b + x_i} \text{ gdzie } a, b, c > 0 \quad (\text{wzór 3})$$

Rys. 4. Wykres funkcji Törnquista II rodzaju dla $a=b=c=1$

Źródło: opracowanie własne

$$x'_i = \frac{a}{1 + be^{-cx_i}} \text{ gdzie } a, b > 0 \quad (\text{wzór 4})$$

Rys. 5. Wykres funkcji logistycznej dla $a=b=1, c=5$

Źródło: opracowanie własne

Na rysunkach od 3 do 5 przedstawiono wykresy funkcji Törnquista oraz logistycznej. Ciekawą właściwością tych funkcji są asymptoty poziome, które można sparametryzować do dowolnej wartości (np. 1). Istnienie asymptoty poziomej równej 1 można wykorzystać przy unitaryzacji właściwości inherentnych, których maksymalne potencjalne wartości nie są znane. Przeciwdziedzina funkcji opisanych wzorami 2, 3 i 4 może być przedział $(0;1)$. Asymptota pozioma sprawia, iż wartości po unitaryzacji nigdy nie będą równe 1, ale będą mogły być dowolnie bliskie jedności. Dzięki zastosowaniu zaproponowanych funkcji normujących nie jest konieczne przeliczanie wszystkich wartości w przypadku, gdy pojawi się obiekt, który będzie miał wartość cechy większą (lub mniejszą) niż maksymalna (lub minimalna) dotychczas zaobserwowana.

Kolejną propozycją normowania wartości właściwości inherentnych może być wykorzystanie wiedzy eksperckiej według następującego algorytmu postępowania:

1. Od 3 do 7 ekspertów z danej dziedziny podejmuje decyzję dotyczącą wyznaczenia co najmniej 5 krytycznych wartości normowanej właściwości inherentnej. Wartość krytyczna to taka wartość, która powoduje zmianę oceny właściwości inherentnej na skali względnej.

2. Konstruowany jest dwuwymiarowy układ współrzędnych. Na osi odciętych znajdują się wartości normowanej właściwości inherentnej, zaś na osi rzędnych znajduje się skala stanów względnych. Na tak przygotowanym układzie zaznacza się punkty obrazujące przygotowane w poprzednim kroku wartości.

3. Następnie wykonywana jest aproksymacja funkcji normującej¹⁶.

4. Ostatnim krokiem jest ocena jakości normowania wartości właściwości inherentnych poprzez funkcję przyjętą w kroku 3. Jeżeli ocena będzie negatywna, można przejść ponownie do kroku 3.

Zastosowanie powyższego algorytmu umożliwi kodyfikację wiedzy eksperckiej. Dzięki jawnej postaci funkcji normowanie może przebiegać w sposób zautomatyzowany dla dużej liczby danych.

Zakończenie

Normowanie wartości właściwości inherentnych jest jednym z kluczowych etapów w konstruowaniu syntetycznych wskaźników jakości. Przyjęta metoda normowania wpływa na jakość całego wskaźnika syntetycznego. W artykule poza spotykanymi w literaturze przedmiotu metodami normowania zaproponowano normowanie przy wykorzystaniu funkcji, których dziedzina jest przedziałem nieograniczonym a prze-

¹⁶ Więcej na temat metod aproksymacji funkcji można znaleźć w: T. J. Rivlin, *An Introduction to the Approximation of Functions*, Dover Publications, Mineola 2003 lub G. Lorentz, *Approximation of Functions*, AMS Bookstore, 2005.

ciwdziedzina przedziałem otwartym. Ponadto zaproponowano metodę bazującą na aproksymacji funkcji do krytycznych wartości właściwości inherentnej.

Bibliografia

1. Borys T., *Kwalimetria, teoria i zastosowania*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Krakowie, Kraków 1991.
2. Grabiński T., Wydymus S., Zeliaś A., *Metody taksonomii numerycznej w modelowaniu zjawisk społeczno-gospodarczych*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1989.
3. *Handbook on constructing composite indicators: methodology and user guide*, OECD Statistics Directorate and EC Joint Research Centre, OECD 2008, www.oecd.org
4. Kindlarski E., *Jakość wyrobów*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1988.
5. Kolenda M., *Taksonomia numeryczna. Klasyfikacja, porządkowanie i analiza obiektów wielocechowych*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu, Wrocław 2006.
6. Kolman R., *Kwalitologia – wiedza o różnych dziedzinach jakości*, PLACET, Warszawa 2009.
7. Lorentz G., *Approximation of Functions*, AMS Bookstore, Providence 2005.
8. Mankiw N. G., *Principles of Microeconomics*, Cengage Learning, Mason 2011.
9. Milewski R., Kwiatkowski E. (red.) *Podstawy ekonomii*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2005.
10. Norma PN-EN ISO 9000:2006.
11. Obwieszczenie Ministra Gospodarki z dnia 24 stycznia 2006 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Gospodarki i Pracy w sprawie obiektów hotelarskich i innych obiektów, w których świadczone są usługi hotelarskie. (Dz.U. 2006 nr 22 poz. 169)
12. Rivlin T. J., *An Introduction to the approximation of functions*, Dover Publications, Mineola 2003.
13. Saisana M., Saltelli A., Tarantola S., *Uncertainty and Sensitivity analysis techniques as tools for the quality assessment of composite indicators*, „Journal of the Royal Statistical Society” A, 2005, 168(2).
14. Skrzypek E., *Jakość i efektywność*, Wydawnictwo UMCS, Lublin 2000.
15. Ustawa z dnia 29 sierpnia 1997 r. o usługach turystycznych. (Dz. U. z 2004 r. Nr 223, poz. 2268)

Normalization of inherent characteristic values in composite quality indicators

Normalization of inherent characteristic values is one of key steps in construction of composite quality indicators. The selected normalization method influences the quality of the entire indicator. In this article outside of the normalization methods presented in the literature the author suggested methods using the function whose domain is an unbounded interval and codomain is an open interval. In addition, he proposed a method based on function approximation to the critical value of inherent characteristics.