

* Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu
Katedra Prognoz i Analiz Gospodarczych

** Akademia Ekonomiczna w Katowicach
Katedra Ekonometrii

Konstancja Poradowska^{*}, Mirosław Wójciak^{**}

UOGÓLNIONY ROZKŁAD TRÓJKĄTNY W ANALIZIE WYNIKÓW BADANIA FORESIGHT

Z a r y s t r e ś c i. Podstawowymi narzędziami badania typu *foresight* są metody bazujące na wiedzy ekspertów merytorycznych. Jednak grupa takich ekspertów często bywa niewystarczająco liczna, aby przy formułowaniu ostatecznych sądów uzasadnionym było korzystanie z klasycznych metod statystycznych. W takiej sytuacji można zaproponować wnioskowanie w oparciu o rozkład prawdopodobieństwa subiektywnego analizowanej zmiennej. W artykule podjęto próbę określenia parametrów rozkładu czasu realizacji wybranych tez projektu *foresight*, wykorzystując w tym celu ideę prawdopodobieństwa subiektywnego. Do opisu prawdopodobieństwa subiektywnego wykorzystano tu uogólniony rozkład trójkątny (rozkład TSP). Wyniki badania były podstawą do konstrukcji prognoz rozwoju nowych technologii.

S ł o w a k l u c z o w e: badanie *foresight*, prawdopodobieństwo subiektywne, uogólniony rozkład trójkątny.

1. WSTĘP

Nadrzędnym celem *foresightu* jest konstrukcja scenariuszy rozwoju sytuacji w stosunkowo dalekiej perspektywie (zwykle 20–25 lat) oraz w każdym przypadku, gdy nie jest możliwa ekstrapolacja posiadanej wiedzy. Dlatego też podstawowymi narzędziami są tu metody bazujące na wiedzy ekspertów merytorycznych, których kompetencje powinny być wysoko ocenione. Ostateczne sądy formułuje się zwykle na podstawie klasycznych lub pozycyjnych miar położenia i zmienności, co budzi wątpliwości, czy nie jest to wsparcie sztuczne, zwłaszcza w sytuacji, gdy grupa ekspertów jest niewystarczająco liczna.

W takiej sytuacji można zaproponować wnioskowanie w oparciu o postać rozkładu prawdopodobieństwa subiektywnego analizowanej zmiennej (rozumianej na przykład jako czas wdrożenia nowej technologii przy założeniu, że zostanie ona wdrożona). Rozkład taki nie jest szacowany na podstawie próby,

lecz wynika z subiektywnego przekonania o możliwości zajścia danego zdarzenia, czyli odzwierciedla psychologiczną niepewność jednostki stwierdzającej istnienie obiektywnego ryzyka.

Wykorzystując ideę prawdopodobieństwa subiektywnego, autorzy podjęli próbę określenia parametrów rozkładu czasu realizacji wybranych tez projektu *foresight*. Było to podstawą do konstrukcji prognoz rozwoju nowych technologii, zgodnie z różnymi regułami prognozowania. Przedstawione wyniki dotyczą *foresightu* Scenariusze rozwoju technologicznego kompleksu paliwowo-energetycznego dla zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego kraju, zrealizowanego przez Główny Instytut Górnictwa w Katowicach.

2. METODY I PROBLEMY BADAŃ TYPU *FORESIGHT*

Najczęściej cytowaną definicją *foresight'u* jest definicja B. Martina, który określa go jako „proces zaangażowany w systematyczne próby spojrzenia na długoterminową przyszłość nauki, technologii gospodarki oraz społeczeństwa, mający na celu identyfikację obszarów badań strategicznych oraz powstających technologii genetycznych, które mają potencjał przyniesienia najwyższych korzyści gospodarczych i społecznych” (por. Martin, 1995).

W celu opracowywania scenariuszy rozwoju *foresight* korzysta z wielu różnych metod, które są ciągle modyfikowane. Dużym uznaniem cieszą się działania oparte na pozyskiwaniu wiedzy eksperckiej (głównie panele eksperckie i burze mózgów oraz metoda Delphi), ale także metody ilościowe (zobacz tabela 1). Z powodu dynamiki rozwoju *foresight'u* w świecie, katalog metod można uznać za wciąż otwarty.

Tabela 1. Kryteria i metody stosowane w projektach *foresight*

Kryteria	Metody
Metody ilościowe, bazujące na analizie przyjętych założeń, wykorzystujące dane statystyczne.	ekstrapolacja trendów, modelowanie symulacyjne
Wydobywanie wiedzy eksperckiej w celu określenia długoterminowych wizji i scenariuszy rozwoju.	panel ekspercki, burza mózgów, mapowanie myśli, warsztaty analizy scenariuszy, metoda Delphi, krzyżowa analiza wpływów
Metody określające kluczowe punkty działania, określające planowanie strategii	analiza SWOT, kluczowe/krytyczne technologie, drzewo odniesień

Źródło: Miles, Keenan, 2002.

Założenia wielu *foresight'ów* wyznaczają rolę metody delfickiej jako głównego narzędzia uzyskania wiedzy na temat przyszłości. Aby wyniki badania można uznać za wiarygodne, ankietowana grupa powinna być liczna, reprezen-

tatywna, a eksperci powinni posiadać dużą wiedzę merytoryczną i doświadczenie w tematyce będącej przedmiotem badania.

Zebranie dużej grupy ekspertów, wystarczająco kompetentnych w danej dziedzinie, bywa problematyczne, zwłaszcza w stosunkowo małym kraju. W realizowanych w Polsce *foresight'ach* zdarza się, że w niektórych panelach tematycznych (np. gdy przedmiotem badania są nowoczesne, zaawansowane technologie) uczestniczy tylko kilku ekspertów. Przeprowadzenie klasycznej analizy statystycznej uzyskanych wyników i sformułowanie adekwatnych wniosków dotyczących przyszłości bywa utrudnione. W związku z tym autorzy proponują nieco nowatorskie z perspektywy metodologii badań *foresight* podejście, oparte na pojęciu prawdopodobieństwa subiektywnego. Może ono mieć zastosowanie w przypadku nawet bardzo niewielkiej grupy ekspertów. W skrajnych sytuacjach można w ten sposób analizować opinię tylko jednej osoby.

3. ROZKŁAD TRÓJKĄTNY ORAZ JEGO UOGÓLNIENIE JAKO ROZKŁADY PRAWDOPODOBIENSTWA SUBIEKTYWNEGO

Prawdopodobieństwo subiektywne (ang. *personal probability*) jest naszą osobistą miarą szansy wystąpienia danego zdarzenia. Według takiej interpretacji prawdopodobieństwo nie jest wartością obiektywną, lecz zależy od naszych doświadczeń, zasłyszanych opinii, obserwacji działań innych ludzi¹, osobistych przekonań, a nawet uprzedzeń. Od strony formalnej teoria prawdopodobieństwa subiektywnego nie różni się od klasycznego - stosuje ten sam „arsenał” pojęć oparty na aksjomatyce Kołmogorowa, a jako narzędzie wnioskowania wykorzystuje twierdzenie Bayesa (Peter, 1986; Press, 2003).

Prawdopodobieństwo subiektywne jest wykorzystywane w sytuacjach, gdy szans realizacji danego zdarzenia nie można z różnych przyczyn ocenić obiektywnie, za pomocą metod ilościowych. Związek tego pojęcia z ocenami ekspertów jest oczywisty, a jego zastosowanie w tym obszarze nie jest podejściem nowym (por. Orzeł, 2005). W rozważanej w niniejszym artykule sytuacji, wobec braku danych empirycznych, na podstawie których można wnioskować o rozkładzie interesującej nas zmiennej losowej (jaką jest tu czas wdrożenia danej technologii energetycznej), pozostaje założyć *a priori* określoną postać takiego rozkładu, bazując przy tym na różnych rodzajach informacji – głównie na opinii ekspertów i „subiektywnym” przekonaniu o słuszności tych opinii.

Do opisu prawdopodobieństwa subiektywnego często wykorzystuje się funkcję gęstości rozkładu trójkątnego (por. Poradowska, 2008), która jest jednoznacznie określona za pomocą trzech parametrów: minimalnej wartości zmiennej (*a*), wartości najbardziej prawdopodobnej (*w*) oraz wartości maksymalnej (*b*). Jasna intuicyjnie interpretacja tych parametrów, nawet dla osoby nie będącej biegłą

¹ W literaturze jako przykład podaje się tu przewidywanie wyników wyścigów konnych na podstawie obserwacji podejmowanych zakładów.

w dziedzinie statystyki, czyni z rozkładu trójkątnego dogodne narzędzie analizy sądów ekspertów. W skrajnym przypadku, gdy opinię wyraża tylko jeden ekspert, prosi się go o określenie przedziału $[a; b]$, w którym według niego na 100% znajdzie się rzeczywista wartość zmiennej, a następnie – o wskazanie jednej wartości z tego przedziału (w), dla której szanse realizacji ocenia najwyżej. Na tej podstawie można przyjąć założenie o symetrycznym bądź asymetrycznym (gdy wartość najbardziej prawdopodobna nie została wskazana jako środek określonego przedziału) rozkładzie trójkątnym prognozowanej zmiennej.

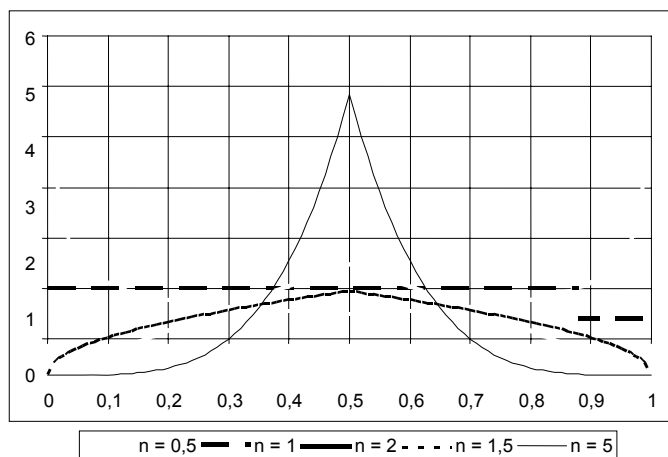
W literaturze występuje również pewne uogólnienie rozkładu trójkątnego, otrzymane poprzez dodanie do formuł rozkładu dodatkowego parametru n (por. Van Dorp, Kotz, 2002; Poradowska, 2008) – rozkład TSP(a, b, w, n) (z ang.: *two-sided-power distributions*). Jego funkcja gęstości, wartość oczekiwana oraz wariancja są wyrażone następująco:

$$f(x | a, w, b, n) = \begin{cases} \frac{n}{b-a} \cdot \left(\frac{x-a}{w-a}\right)^{n-1}, & \text{dla } x \in (a, w] \\ \frac{n}{b-a} \cdot \left(\frac{b-x}{b-w}\right)^{n-1}, & \text{dla } x \in (w, b) \end{cases} \quad (1)$$

$$E(X) = \frac{a + (n-1)w + b}{n+1}, \quad (2)$$

$$V(X) = \frac{n(b-a)^2 - 2(n-1)(w-a)(b-w)}{(n+2)(n+1)^2}. \quad (3)$$

Wykresy przykładowych funkcji gęstości symetrycznego rozkładu TSP na przedziale $[0, 1]$ przedstawiono na wykresie 1.



Wykres 1. Funkcje gęstości rozkładu TSP (0; 1; 0,5; n) dla wybranych wartości n

Źródło: opracowanie własne.

Gdy $0 < n < 1$, rozkład TSP jest tzw. rozkładem „U-kształtnym”, gdy $n = 1$, rozkład jest jednostajny na przedziale $[a; b]$. Gdy $n > 1$, funkcja gęstości (1) osiąga maksimum w punkcie $n/(b - a)$. W zależności od położenia wartości wewnątrz przedziału $[a; b]$ może to być wówczas symetryczny lub asymetryczny rozkład prawdopodobieństwa. Przy $n = 2$ rozkład TSP staje się rozkładem trójkątnym. Gdy $1 < n < 2$ wykres funkcji gęstości (1) ma kształt „trójkąta o wypukłych bokach”, natomiast gdy $n > 2$ – mamy tu do czynienia z „trójkątem o wklęsłych bokach”.

Dobierając zatem odpowiednio wartość parametru n , za pomocą funkcji gęstości (1) można opisać wiele znanych kształtów rozkładów prawdopodobieństwa – jednomodalnych, „U-kształtnych”, „L-kształtnych” oraz „J-kształtnych”. Wystarczy tylko znać trzy z możliwych wartości badanej zmiennej: minimalną, maksymalną oraz najbardziej (lub - w przypadku rozkładów „U-kształtnych” – najmniej) prawdopodobną.

W niektórych sytuacjach, zamiast wartości a i b , wygodniej jest na podstawie opinii ekspertów określić dwa wybrane kwantyle rozkładu: a_p – kwantyl dolny rzędu p , b_q – kwantyl górny rzędu $(1 - q)$. Zakładając, że zmienna ma rozkład trójkątny, a i b można wówczas wyznaczyć, rozwiązując układ równań wynikający z postaci dystrybuanty rozkładu:

$$\begin{cases} (a_p - a)^2 = p(b - a)(w - a) \\ (b - b_q)^2 = q(b - a)(b - w) \end{cases} \quad (4)$$

Istotną „zaletą” jednomodalnych rozkładów TSP jest fakt, że można dla nich wyznaczyć analitycznie² najkrótszy z przedziałów $[x_1; x_2]$, który z zadanyim prawdopodobieństwem p pokryje rzeczywistą wartość zmiennej³. Przeprowadzając odpowiednie obliczenia (por. Poradowska, 2008) otrzymujemy:

$$x_1 = a + (w - a)(1 - p)^{\frac{1}{n}}, \quad (5)$$

$$x_2 = b - (b - w)(1 - p)^{\frac{1}{n}}. \quad (6)$$

Długość przedziału $[x_1; x_2]$ wynosi:

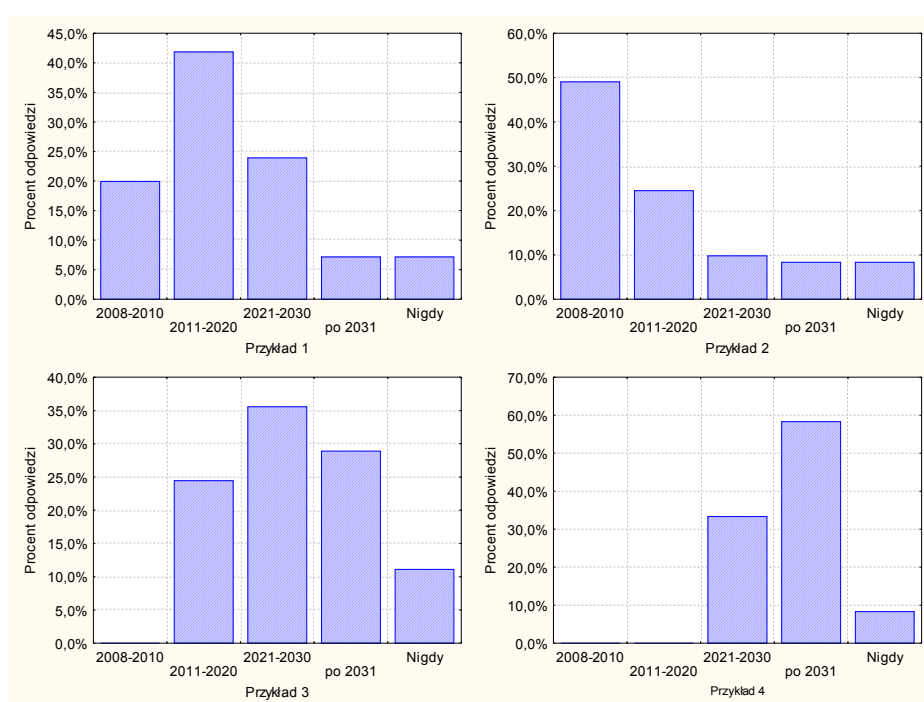
$$\Delta = (b - a) \left[1 - (1 - p)^{\frac{1}{n}} \right]. \quad (7)$$

² Dla innych asymetrycznych rozkładów prawdopodobieństwa znalezienie takiego przedziału umożliwiają metody numeryczne (por. Dittmann, Poradowska, 2008).

³ Ten sposób postępowania koresponduje z regułą prognozy przedziałowej (por. Pawłowski, 1973).

4. WYNIKI BADAŃ EMPIRYCZNYCH

W przeprowadzonym badaniu *foresight* sformułowano 125 tez delfickich, dotyczących nowych technologii energetycznych. Badaniem objęto obszary energetyki opartej na węglu, gazie i ropie naftowej, odnawialnych źródłach energii, a także energetyki jądrowej oraz gospodarki wodorowej. Pytanie o czas realizacji założeń treści poszczególnych tez można uznać za kluczowe w całej ankiecie delfickiej. W odpowiedzi eksperci wskazywali jeden z pięciu wariantów: do 2010 roku, w latach 2011–2020; w latach 2021–2030; po 2031 roku, nigdy. Typowe rozkłady odpowiedzi przedstawiono na wykresie 2.



Wykres 2. Przykładowe rozkłady odpowiedzi ekspertów na temat czasu realizacji tezy

Źródło: opracowanie własne.

W przypadku tez, dla których odpowiedź „nigdy” stanowiłaby największy odsetek wskazań ekspertów, należałoby wnioskować, że nie zostaną one zrealizowane i wykluczyć je z dalszej analizy. Jednak w tym badaniu takich przypadków nie zaobserwowano.

Parametry rozkładów prawdopodobieństwa czasu realizacji tezy określano na podstawie odpowiedzi tej grupy ekspertów, która udzieliła odpowiedzi innej niż „nigdy”. Za wartość minimalną (a) prognozowanej zmiennej przyjęto rok 2008, gdyż w tym roku było przeprowadzane badanie. Tam, gdzie było to możliwe, obliczono na podstawie odpowiedzi ekspertów wartość najbardziej praw-

dopodobną zmiennej (w), wykorzystując w tym celu wzór interpolacyjny na dominantę. Na 125 badanych tez, w 40 przypadkach nie można było wyznaczyć dominanty⁴ (np. przykład 4, wykres 2). Dla pozostałych 85 tez przyjęto wstępne założenie, że czas ich realizacji ma rozkład trójkątny i obliczono wartość maksymalną (b), wykorzystując w tym celu układ zależności (4).

Uznając rozkład opinii ekspertów za pewną aproksymację rzeczywistego rozkładu prognozowanej zmiennej, rozkłady odpowiedzi dla poszczególnych 85 tez poddano następnie wnikliwej analizie wzrokowej i ilościowej. W efekcie wstępnie przyjęte założenie o rozkładzie trójkątnym „zastąpiono” bardziej ogólnym - że rozkład zmiennej losowej jest jednomodalnym rozkładem TSP (a, w, b, n). Do wyznaczenia parametru n wykorzystano metodę największej wiarygodności (por. van Dorp, Kotz, 2002). W tabeli 2 zamieszczono wyniki estymacji parametru n dla rozważanych 85 tez.

Tabela 2. Wyniki estymacji parametru n rozkładu TSP dla 85 tez delfickich

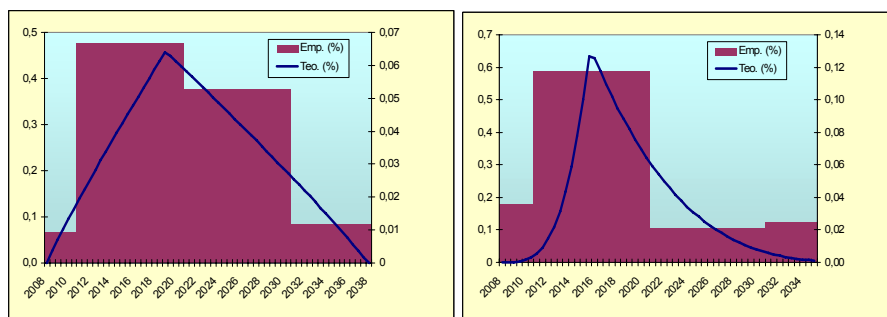
Przedział wartości n	Liczebność
1,0-1,8	26
1,8-2,5	23
2,5-4,0	9
4,0-8,0	10
powyżej 8	17

Źródło: obliczenia własne.

Przykładowe dopasowanie rozkładów TSP do odpowiedzi ekspertów przedstawiono na wykresie 3. Dla rozkładu z lewej strony oszacowany parametr n wyniósł 1,92, natomiast dla rozkładu z prawej strony $n = 4,43$. Należy tu wspomnieć, że rozkład trójkątny o wklęsłych bokach (n istotnie większe od 2) otrzymuje się w przypadku dużej zgodności opinii ekspertów co do wartości najbardziej prawdopodobnej.

W celu sprawdzenia stopnia dopasowania przyjętego rozkładu prawdopodobieństwa do rozkładu odpowiedzi ekspertów, obliczono statystyki χ^2 . Zrezygnowano z testu Kołmogorowa-Smirnowa ze względu na fakt, że dystrybuanta uogólnionego rozkładu trójkątnego jest zależna od nieznanego parametru n szacowanego na podstawie próby (por. Domański, 1990). Ponieważ wydzielono tylko 4 klasy (przedziały czasowe), a w przypadku gdy liczebności skrajnych klas były równe zero to liczba klas redukowana się do 3, wyniki testu χ^2 należy traktować z rezerwą. W przypadku, gdy liczebności poszczególnych klas były mniejsze od 5 nie badano zgodności rozkładu.

⁴ Głównie dotyczyło to obszarów energetyki, których technologie w Polsce nie są zaawansowane (np. gospodarki wodorowej, energetyki jądrowej).



Wykres 3. Przykłady dopasowania rozkładów TSP do odpowiedzi ekspertów

Źródło: opracowanie własne.

Określenie w podany wyżej sposób wartości parametrów rozkładów TSP, odpowiadających poszczególnym tezom, pozwoliło na wyznaczenie prognoz przedziałowych na podstawie wzorów (6), (7). Zrezygnowano z formułowania prognoz punktowych ze względu na charakter prognozowanej zmiennej - wskazywanie konkretnego roku jako czasu wdrożenia nowej technologii energetycznej uznano w tym wypadku za mało zasadne. Długość Δ [zob. wzór (8)] otrzymanych przedziałów prognoz jest dodatnio zależna od rozpiętości przedziału $[a; b]$ i przyjętego prawdopodobieństwa p oraz ujemnie zależna od wartości parametru n .

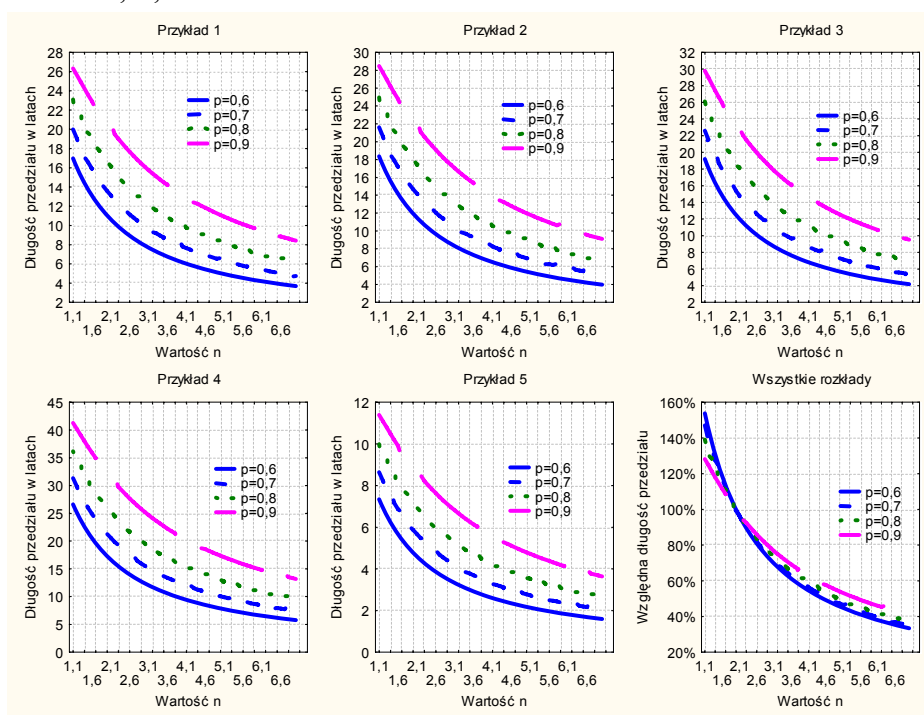
Zależność długości przedziału prognozy od przyjętej wartości parametru n dla wybranych prawdopodobieństw p przedstawiono na rysunku 4. Rozważono tu charakterystyczne przypadki zaobserwowanego rozkładu odpowiedzi ekspertów⁵ (por. rysunek 2): (1) gdy rozkład odpowiedzi nieznacznie odbiegał od rozkładu trójkątnego (sprawdzonego testem χ^2), (2) gdy rozkład odpowiedzi przypominał „trójkąt o wklęsłych bokach”, (3) gdy rozkład odpowiedzi przypominał „trójkąt o wypukłych bokach”, (4) przypadek, dla którego rozpiętość przedziału $[a; b]$ była maksymalna, (5) przypadek, dla którego rozpiętość przedziału $[a; b]$ była minimalna.

W każdym z rozważanych przypadków zaobserwowano podobny przebieg zmian długości przedziałów. Na długość przedziału prognozy większy wpływ od prawdopodobieństwa p miała wartość parametru n . Najdłuższe przedziały otrzymano dla n zbliżonego do jedności (rozkład jednostajny), wraz ze wzrostem jego wartości długość przedziału malała.

W przypadku przykładu 1, przy ustalonym prawdopodobieństwie $p = 0,9$, dla $n = 1,1$ długość przedziału wynosi 26,5 lat i wraz ze wzrostem n maleje do 8,5. Przy prawdopodobieństwie $p = 0,6$ długość przedziału dla $n = 1,1$ wynosi 17 lat i wraz ze wzrostem n maleje do 4 lat. Podobne zależności można zauważyć dla pozostałych przykładów. Zatem większą wrażliwość długości przedzia-

⁵ W analizie uwzględniono 85 tez, dla których przyjęto założenie o rozkładzie TSP.

łu ze względu na wartość parametru n stwierdzono dla niższych prawdopodobieństw, choć różnice te nie były znaczne (rzędu 20% w stosunku do rozkładu trójkątnego dla $n = 1,1$ oraz rzędu 5%, dla $n = 7$). Na ostatnim wykresie (prawy dolny róg) za wartość funkcji przyjęto względną długość przedziału prognozy w stosunku do rozkładu trójkątnego⁶. Długości te kształtowały się tak samo dla wszystkich 85 rozkładów odpowiedzi ekspertów, niezależnie od wartości parametrów a , w , b .



Wykres 4. Zależność długości przedziału prognozy od wartości oszacowanego parametru n przy wybranych prawdopodobieństwach p

Źródło: opracowanie własne.

6. PODSUMOWANIE

Rozkład trójkątny oraz jego uogólnienie (rozkład TSP) może znaleźć duże zastosowanie w badaniach *foresight*'owych. Szczególnie wtedy, gdy grupa ekspertów jest mało liczna, a więc nie można wykorzystać „standardowych” narzędzi statystycznych. Prezentowane w artykule podejście można w szczególności zastosować do analizy sądów jednego eksperta, który określi trzy z możliwych wartości prognozowanej zmiennej (na przykład wartość minimalną, maksymal-

⁶ Rozpiętości przedziałów $[a; b]$ dla każdego n podzielono w tym celu przez rozpiętość $[a; b]$ odpowiadającą rozkładowi trójkątnemu, czyli dla $n = 2$.

ną oraz najbardziej prawdopodobną lub wybrane percentyle rozkładu zmiennej). Kiedy liczba ekspertów jest duża (kilkudziesięciu), a ich kompetencje oceniane są wysoko, można rozważyć zastosowanie uogólnienia rozkładu trójkątnego i szacować dodatkowy parametr n . „Poprawne” określenie tego parametru ma istotne znaczenie, gdyż jak wykazała analiza otrzymane wyniki są najbardziej wrażliwe na jego wartość. Dla $n > 2$ otrzymujemy krótsze przedziały prognoz niż w przypadku rozkładu trójkątnego, natomiast dla $n < 2$ – dłuższe. Gdy występują problemy z poprawnym oszacowaniem parametru n , zaleca się stosowanie zwykłego rozkładu trójkątnego.

LITERATURA

- Dittmann P., Poradowska K. (2008), *Experts' Opinions in Forecasting for Enterprises*, Management, Zielona Góra.
- Domański C. (1990), *Testy statystyczne*, PWE, Warszawa.
- Kuwahara T. (2001), *Technology Foresight in Japan – The Potential and Implications of DELPHI Approach*, „NISTEP Study Material” 77, 125–141 (tekst dostępny na stronie: www.nistep.go.jp).
- Martin, B.R. (1995), *Foresight in Science and Technology*, „Technology Analysis & Strategic Management”, 7(2).
- Miles I., Keenan, M. (2002), *Practical Guide to regional Foresight in the United Kingdom*, Unit "Science and Technology Foresight", European Commission/DG Research, ISBN 92-894-4682-X.
- Orzeł J. (2005), *Rola metod heurystycznych, w tym grupowej oceny ekspertów, oraz prawdopodobieństwa subiektywnego w zarządzaniu ryzykiem operacyjnym*, „Bank i Kredyt”, maj 2005.
- Pawłowski Z. (1973), *Prognozy ekonometryczne*, PWN, Warszawa.
- Peter C. F. (1986), *The Axioms of Subjective Probability*, „Statistical Science”, Vol. 1, No 3.
- Poradowska K. (2008), *Możliwości wykorzystania rozkładu trójkątnego do konstrukcji prognoz punktowych i przedziałowych*, referat wygłoszony na Konferencji SEMPP, Osieczany 5-7.05.2008 (w druku).
- Press J. S. (2003), *Subjective and objective Bayesian Statistics, Principles, models and Applications*, Willey & Sons, New Jersey.
- Scenariusze rozwoju technologicznego kompleksu paliwowo-energetycznego dla zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego kraju – część 1. Studium gospodarki paliwami i energią dla celów opracowania foresightu energetycznego dla Polski na lata 2005-2030*. Praca zbiorowa pod. red. K. Czaplickiej-Kolorz, Główny Instytut Górnictwa, Katowice 2007.
- Scenariusze rozwoju technologicznego kompleksu paliwowo-energetycznego dla zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego kraju – część 2. Scenariusze opracowane na podstawie foresightu energetycznego dla Polski na lata 2005-2030*. Praca zbiorowa pod. red. K. Czaplickiej-Kolorz, Główny Instytut Górnictwa, Katowice 2007.
- Van Dorp J. R., Kotz S. (2002), *A novel extension of the triangular distribution and its parameter estimation*, „The Statistician” 51, Part 1, 63–79.

THE GENERAL APPLICATION OF TWO-SIDE-POWER DISTRIBUTION FOR FORESIGHT RESEARCH OUTPUTS ANALYSIS

A b s t r a c t. The basis tools in the foresight analysis are the methods based on judgemental knowledge of qualified experts. Due to the fact that group of qualified experts is usually not

enough big it is groundless to use classical statistical tools. It is common to use in such a situation a subjective probability distribution for statistical interference.

In this paper we have applied generalized triangular distribution to describe subjective probability distribution. Our research concerned future technologies applied in the energy industry. We have formulated some theses about energy industry development and given them under the experts judge. Finally, analyzed data sets were the dates (given by experts) of the realization of stated theses. By implementation of the general ideas of subjective probability, we have estimated the parameters of theses time - realization distribution. On these bases we have build new technologies development forecasts.

K e y w o r d s: foresight, personal probability, triangular distribution, two-side-power distribution.

