

Andrzej M.J. Skulimowski^{1,2}, Dariusz Kluz²

¹AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Katedra Automatyki i Inżynierii Biomedycznej,
Laboratorium Analizy i Wspomagania Decyzji, Al. Mickiewicza 30, 30-050 Kraków

²Fundacja Progress & Business, Międzynarodowe Centrum Nauk o Decyzji
i Prognozowania, ul. J. Lea 12B, 30-048 Kraków
ams@agh.edu.pl

WIELORUNDOWA ANALIZA DELFICKA JAKO NARZĘDZIE GRUPOWEGO WSPOMAGANIA DECYZJI¹

Streszczenie: Metoda delficka on-line polega na co najmniej dwukrotnym badaniu ankietowym grupy ekspertów, którzy odpowiadają na pytania zawarte w strukturyzowanej internetowej ankiecie, weryfikując hipotezy zdefiniowane przez zamawiającego badanie, tzw. tezy delfickie. Weryfikacja hipotez może polegać zarówno na udzielaniu prostych odpowiedzi (binarnych - „tak”/”nie”, lub wg skali Likerta), jak również na wskazywaniu prognozowanych wartości zmiennych losowych lub na określaniu szacunkowych prawdopodobieństw zajścia zdarzeń zdefiniowanych w ankiecie. W niniejszym artykule przedstawimy ogólne metody projektowania badań delfickich oraz implementację systemu eksperckiego wspomagającego takie badania, która została wykonana w oparciu o rezultaty projektu „Scenariusze i trendy rozwojowe wybranych technologii społeczeństwa informacyjnego do roku 2025” (2010-2013). Zastosowane metody zaawansowanej analizy statystycznej umożliwiają estymację ilościowych charakterystyk trendów technologicznych, badanie ich wzajemnych korelacji, a także budowę scenariuszy rozwoju technologii na podstawie odpowiedzi ekspertów. Opracowany system informatyczny wspomagający badania delfickie może służyć do analizy różnorodnych problemów technicznych, ekonomicznych i społecznych w oparciu o ten sam internetowy system wspomagania decyzji udostępniony w trybie SaaS (software jako usługa).

Słowa kluczowe: badania delfickie, foresight korporacyjny, wielorundowe ankiety on-line, metody analizy statystycznej, grupowe wspomaganie decyzji strategicznych, foresight ICT

Wprowadzenie

Podstawowym celem badań delfickich jest uzyskanie bezpośrednio od ekspertów informacji, których nie można znaleźć w innych dostępnych

¹ Artykuł zawiera rezultaty otrzymane podczas projektu *Scenariusze i trendy rozwojowe wybranych technologii społeczeństwa informacyjnego do roku 2025*, nr WND-POIG.01.01.01-00-021/09, dofinansowanego ze środków EFRR na lata 2007-2013 w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka, Poddziałanie 1.1.1 oraz Programu Badań Własnych Centrum Nauk o Decyzji i Prognozowania Fundacji Progress & Business w Krakowie, nr PB-PBF/002/2013 na lata 2013-2016.

źródłach oraz weryfikacja danych i ocen uzyskanych w inny sposób. Metoda ta, opracowana w Rand Corporation [Dalkey i Helmer-Hischberg, 1963] w latach 50tych XX wieku, stosowana jest powszechnie w foresighcie technologicznym lub ekonomiczno-społecznym i we wspomaganiu decyzji, zwłaszcza w problemach wyboru przy wielu konfliktowych kryteriach [por. np. Górecki i Skulimowski, 1986; Skulimowski, 2015]. Badania delfickie są często interdyscyplinarne, realizowane w odrębnych polach badawczych, zwanych dalej „Działami ankiety”. W foresighcie technologicznym badane są także uwarunkowania ekonomiczne, aspekty ekologiczne i społeczne - każdemu polu badawczemu odpowiada dział kwestionariusza. Tezy ściśle interdyscyplinarne włącza się do odrębnego działu. Polom badawczym ankiety odpowiadają panele tematyczne ekspertów.

Standardowy kwestionariusz ankiety delfickiej składa się z reguły z od 20 do 200 pytań zorganizowanych w działach tematycznych po 10-30 pytań. Działy zawierają stwierdzenia (tzw. tezy) technologiczne, ekonomiczne lub socjologiczne przeznaczone do weryfikacji. Każdy dział badania odpowiada potencjalnej specjalizacji eksperta, a każde pytanie lub teza związane są z określonym trendem, zdarzeniem, priorytetem technologicznym lub inwestycyjnym, kierunkiem ekspansji rynkowej itp. Respondenci mogą wybierać działy lub tezy, które odpowiadają ich kompetencjom, jednak wewnątrz wybranej tezy powinni ustosunkować się do wszystkich pytań. Nie oznacza to jednak konieczności podania konkretnej odpowiedzi na wszystkie te pytania, gdyż w złożonej strukturze tez istnieje opcja odpowiedzi „nie mam zdania”, która może być wybrana w przypadku braku wiedzy lub wystarczających kompetencji eksperta w danym temacie.

Charakterystyczną cechą metody delfickiej jest jej wielorundowość. Badanie jest najczęściej 2- lub 3-rundowe, istnieje także wariant metody zwany „*real-time Delphi*” umożliwiający wielokrotną korektę swoich opinii

przez ekspertów i niepodzielony na rundy [Gordon i Pease, 2006; Gnatzy i in., 2011], jak również systemy wielorundowe, niewymagające wstępnego ograniczenia liczby rund, ani nawet ich synchronizacji. Taki właśnie sieciowy system wielorundowego badania delfickiego, do którego nowi respondenci mogą przystąpić także w chwili, gdy inni eksperci rozpoczęli już kolejną rundę, przedstawiony jest w niniejszym artykule.

Każda kolejna runda badania ma na celu:

- Weryfikację wyników rundy poprzedniej poprzez udostępnienie jej wyników ekspertom biorącym udział w kolejnej rundzie i zadanie identycznych pytań; dotyczy to z reguły tylko tych pytań, na które odpowiedzi były niejednoznaczne lub - w przypadku odpowiedzi skwantyfikowanych – charakteryzujących się dużym odchyleniem standardowym.
- Doprecyzowanie poprzednio uzyskanych wyników – poprzez zadanie bardziej szczegółowych pytań, w tym próśb o uzasadnienie odpowiedzi, wskazanie przyczyn wystąpienia wskazanych trendów lub zdarzeń itp.
- Uzupełnienie i aktualizację badanej problematyki o pytania, które pojawiły się w trakcie trwania poprzedniej rundy, lub zostały z różnych powodów pominięte.

Ponadto wiarygodność kolejnych rund zwiększa się dzięki filtracji zbioru ekspertów (kolejne rundy odbywają się bez udziału osób udzielających odpowiedzi najmniej wiarygodnych). Rolę ostatniej rundy badania delfickiego pełni często dyskusja panelowa, której rezultatem mogą być eseje podsumowujące poszczególne działy ankiety.

Przebieg badania można przedstawić w następujący sposób:

- W odniesieniu do każdej z tez zadawanych jest kilka lub kilkanaście (a czasem więcej) standardowych pytań, dotyczących m.in.:

- możliwego czasu wdrożenia nowej technologii lub produktu,
- prawdopodobieństwa zajścia różnych zdarzeń dla kilku możliwych horyzontów prognozowania,
- innowacyjności, istotności technologii, zdarzeń, trendów itp.
- ograniczeń i potencjalnych barier lub innych trudności, które mogą wystąpić przy wdrażaniu technologii,
- oceny dostępnej infrastruktury badawczo-rozwojowej,
- pozycji konkurencyjnej technologii, gałęzi przemysłu lub produktu na tle innych krajów lub innych branż,
- społecznych i ekologicznych aspektów wdrożenia technologii, w tym wpływu na wzrost lub spadek zatrudnienia.
- Respondenci mogą wskazywać powiązania tez, tj. warunkować spełnienie danej tezy wcześniejszym spełnieniem innych tez znajdujących się w kwestionariuszu; można również dopuścić możliwość swobodnego definiowania zdarzeń warunkujących.
- W trakcie kolejnej rundy respondentom prezentowane są:
 - zbiorcza analiza odpowiedzi wszystkich respondentów na pytania pierwszej rundy oraz podana wtedy odpowiedź własna – respondent może podtrzymać swoją opinię lub zmienić ją pod wpływem opinii innych ekspertów,
 - możliwość oceny odpowiedzi poprzedniej rundy: udostępnionym do oceny odpowiedziom mogą zostać przypisane współczynniki wiarygodności (od 0 do 1 lub „nie wiem”), odrębne dla ustalonych działów tematycznych; ocena jest anonimowa, tj. oceniający nie wiedzą, kto udzielił ocenianych odpowiedzi, natomiast system zarządzania ankietami znając skład zespołu ekspertów biorących udział w poprzedniej rundzie automatycznie dokonuje przypisania ocen do respondentów i aktualizuje ich współczynniki wiarygodności.

W uzasadnionych sytuacjach system zarządzania ankietami umożliwia anonimową weryfikację indywidualnych ankiet ze wskazanego działu przez ekspertów wybranych przez organizatora lub zamawiającego badanie.

Dalsze informacje na temat metodyki badań delfickich zawiera klasyczna monografia [Linstone i Turoff, 1975; wyd. elektr. 2002], a dalsze informacje i wskazówki odnośnie zastosowań i implementacji ankiet online m.in. artykuły [Rowe i Wright, 1999], [Skulimowski i Cichy, 2011], [Hasson i Keeney, 2011]. Implementacjom systemów wspomagania foresightu, w tym ankiet delfickich, poświęcony został szereg artykułów w czasopiśmie *Technological Forecasting and Social Change* [von der Gracht i in., 2015], por. także [Skulimowski, 2012ab]. Dyskusję zależności pomiędzy zastosowaniami metody delfickiej do wspomagania decyzji oraz do prognozowania znaleźć można m.in. w pracach Buckleya [1995] oraz Ziglio [1996]. Dzięki m.in. zastosowaniom sieci antycypacyjnych [Skulimowski, 2014ab], metoda prezentowana w niniejszym artykule i jej implementacja webowa umożliwia wspomaganie decyzji zarówno w sposób bezpośredni – poprzez pytania o preferencje, jak i pośrednie – poprzez budowę modelu decyzyjnego w oparciu o prognozy otrzymane metodą delficką. Z tego względu przeciwstawianie funkcji wspomagania decyzji i prognostycznych badań delfickich należy traktować jako rozważania o znaczeniu jedynie historycznym.

1.1. Wybór ekspertów do udziału w badaniu delfickim

W celu zapewnienia efektywności procesu wyboru ekspertów stworzono aplikację internetową do zarządzania listami adresowymi, umożliwiającą także rejestrację i weryfikację kandydatów. Jako wzór przyjęto system zgłoszeń kandydatów na ewaluatorów Programów Ramowych UE użytkowany przez Komisję Europejską.

Na podstawie danych podanych przy rejestracji, oceny udziału we wcześniejszych badaniach delfickich oraz biorąc pod uwagę samoocenę ekspertów, określane mogą być współczynniki wagowe $\varphi_i \in [0,1]$ przypisywane poszczególnym odpowiedziom. Służą one następnie do optymalizacji wyników obliczeń statystycznych, w związku z czym metody zastosowane w analizie odpowiedzi, w tym klasteryzacja, uwzględniają te współczynniki. Sposób obliczania średnich ważonych wagami φ_i , nazywanymi dalej *współczynnikami wiarygodności*, podany jest w dalszej części niniejszego artykułu. Aktualizacja współczynników φ_i może być dokonywana po zakończeniu każdej rundy badań lub po końcowej ocenie efektów grupowego wspomaganie decyzji będących wynikami całego badania.

Celem analizy wiarygodności jest - po pierwsze - identyfikacja tych odpowiedzi, które pomimo małej reprezentatywności lub nawet skrajności wyrażonych poglądów, najlepiej odpowiadają stanowi faktycznemu. Po drugie, analiza wiarygodności umożliwia redukcję wpływu odpowiedzi przypadkowych lub intencjonalnie nieprawdziwych [Gnatzy i in., 2011]. Wiarygodność może być także jednym z kryteriów wyboru ekspertów do kolejnych badań, zwłaszcza do odpłatnych badań dla przedsiębiorstw.

Badania delfickie realizowane techniką ankiety internetowej on-line nie posiadają ograniczeń na ilość rund. Drugie (i kolejne) badanie może ograniczać się do wybranego w ustalony sposób podzbioru ekspertów uczestniczących w rundzie poprzedniej. Ilość ekspertów zależy od tematyki i zakresu badania – im bardziej specjalistyczne są pytania, tym mniej jest osób kompetentnych do udzielania odpowiedzi. Przyjmuje się, że dla badań z zakresu nauk technicznych, ilość odpowiedzi powinna zawierać się w przedziale od 20 do 200. W przypadku ankiety przeprowadzonej w ramach projektu SCETIST obejmującego swoim zakresem inteligentne systemy informatyki badanie - zgodnie z planem przeprowadzono na próbie ponad

100 respondentów, przy czym podzbiory respondentów odpowiadających na pytania różnych działów, tez, a nawet tej samej tezy różniły się.

Rekrutacja ekspertów jest jednym z najtrudniejszych etapów badań delfickich, skutecznie ograniczającym dostęp do badań dla interesariuszy komercyjnych, poszukujących rozwiązań problemów związanych z kierunkami strategii technologicznych, czy ekspansji rynkowej. Z tego względu rekomendowane jest skorzystanie z oferty organizacji posiadających zespół ekspertów z dziedziny badań, rekrutowanych z różnych środowisk naukowych, przemysłowych i opiniotwórczych. Dla przykładu, zespołem złożonych obecnie z ponad 300 ekspertów posiadających doświadczenie w różnych badaniach perspektywicznych, m.in. w badaniu delfickim projektu SCETIST, dysponuje Międzynarodowe Centrum Nauk o Decyzji i Prognozowania – organizator tego badania.

2. Organizacja badania

Właściwa ankieta delficka jest często poprzedzana badaniem eksploracyjnym w formie ankiety on-line, mającym na celu wyłonienie i włączenie do badania problematyki istotnej z punktu widzenia jego interesariuszy (tzw. runda 0). Ankieta ta może być wypełniana np. przez reprezentantów firm zainteresowanych rezultatami badania, uczestników konferencji i seminariów związanych tematycznie z badaniem, może też być otwarta dla wszystkich zainteresowanych. Pytania dla rundy I ankiety mogą zostać opracowane przez specjalistów - członków paneli tematycznych wyłonionych w sposób podany w poprzednim rozdziale na podstawie wyników wstępnego badania potrzeb i oceny istotności zagadnień związanych z tematyką i celem ankiety w ramach wspomnianej wyżej rundy zerowej. Pytania mogą być również dostarczone przez zamawiającego badanie. Ankieta może

składać się z działów tematycznych. W każdym dziale występują złożone tezy, czyli grupy pytań dotyczących tego samego zagadnienia lub hipotezy.

Ze względu na złożoną strukturę ankiet, w tym pytania warunkowe, wypełnianie ankiety przesyłanej w postaci pliku, chociaż możliwe, jednak utrudniłoby znacznie późniejszą analizę statystyczną wyników. Z tego względu obecnie prawie wyłącznie stosowane są badania internetowe, czasami wspomagane wywiadami telefonicznymi lub osobistymi.

Przed rozpoczęciem odpowiedzi na pytania respondenci ankiety delfickiej podają dla każdego z działów badania stopień znajomości danego zagadnienia poprzez wypełnienie dwustopniowego formularza, w którym określa się poziom wiedzy na dany temat (np. „specjalista – naukowiec”, „specjalista praktyk”, „specjalista naukowiec i praktyk”, „dopiero zapoznając się z tymi zagadnieniami”) oraz podaje dodatkowe informacje uściślające poprzedni wybór.

Na podstawie udzielonych przez użytkowników odpowiedzi obliczany jest współczynnik samooceny. Współczynnik samooceny nie może być wyższy niż współczynnik wiarygodności obliczony na podstawie analizy danych rejestracyjnych i ewaluacji odpowiedzi poprzednich rund. Administrator systemu ankiet ma ponadto możliwość nadania poszczególnym ekspertom dodatkowych współczynników kompetencji – odrębnie dla każdego działu ankiety. Współczynniki te wykorzystywane są podczas analizy statystycznej odpowiedzi udzielonych przez ekspertów.

Strona główna -> Panel użytkownika -> Ankiety Delfickie -> SCETIST -> Systemy eksperckie, wspomaganie decyzji (SWD), rekomendery i wybrane zagadnienia systemów neurokognitywnych

Ankiety Delfickie

Systemy eksperckie, wspomaganie decyzji (SWD), rekomendery i wybrane zagadnienia systemów neurokognitywnych

W zakresie tym respondent jest:

- ☒ Specjalistą - naukowcem
- ☐ Specjalistą - praktykiem
- ☐ Specjalistą naukowcem oraz praktykiem
- ☐ Dopiero zapoznając się z tymi zagadnieniami

Dodatkowe informacje:

- ☐ Jestem specjalistą w tej dziedzinie
- ☒ Posiadam aktualną wiedzę z tej tematyki
- ☐ Znam tylko niektóre zagadnienia związane z tym tematem
- ☐ Posiadam tylko ogólne wiadomości na ten temat (ale podejmuję się wypełnienia ankiety)

Dalej

Rys. 1. Formularz samooceny ekspertów wypełniających ankietę delficką

Po określeniu stopnia kompetencji, eksperci wypełniają ankietę on-line, gdzie mogą:

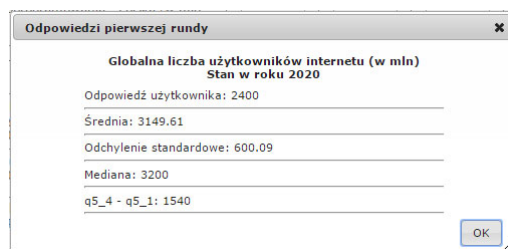
- weryfikować zadane hipotezy (tzw. tezy delfickie),
- wypowiadać się na temat zdarzeń o charakterze subiektywnym, tj. nie podlegających opisowi w postaci modeli ilościowych; zdarzenia te dotyczą najczęściej punktów bifurkacyjnych trendów i scenariuszy, w tym przyszłych decyzji podejmowanych w oparciu o nieznane obecnie przesłanki,
- określać wartości kluczowych parametrów, prawdopodobieństw zdarzeń lub warunków ich zajścia itp.; parametry te mogą następnie zostać wykorzystane w modelach prognostyczno-scenariuszowych,
- formułować ilościowe prognozy na temat przyszłego rozwoju danej dziedziny w perspektywie czasowej najczęściej 15-50 lat,
- określać horyzonty czasowe i prawdopodobieństwa zajścia wskazanych zdarzeń technologicznych lub naukowych, opisywać rozwój rynków, technologii i badań, określać bariery i czynniki wzrostu itp.,
- określać pożądane lub niepożądane skutki podejmowanych decyzji oraz wypowiadać się na temat współczynników wagowych kryteriów

decyzyjnych lub definiować punkty odniesienia dla wartości kryteriów [Skulimowski, 1997, 2015],

- w udostępnionym odrębnie dla każdego pytania polu tekstowym przekazywać uwagi i syntetyczne sądy na temat trendów i zdarzeń, będące sumą niesformalizowanych przemyśleń i całokształtu wiedzy danego eksperta.

Po ukończeniu pierwszej rundy, która trwa z reguły kilka tygodni, rezultaty badań są opracowywane statystycznie i starannie analizowane, by wykryć ewentualne luki oraz zidentyfikować nowe problemy, które pojawiły się w trakcie badań pierwszej rundy. Szczególną uwagę należy zwrócić na pytania charakteryzujące się największą rozbieżnością odpowiedzi. Weryfikacji dokonują eksperci wraz z przedstawicielami interesariuszy. W kolejnej rundzie sformułowania niektórych pytań ankiety mogą zostać doprecyzowane, by wyeliminować wątpliwości zgłaszane przez respondentów. Druga runda kierowana jest zazwyczaj do tych respondentów, którzy w sposób najbardziej pełny i wiarygodny wypełnili ankietę pierwszej rundy. Podobnie wygląda procedura dla przejścia z rundy n do $n+1$ w badaniu wielorundowym.

Po przejściu do następnej rundy badania delfickiego, respondent może udzielić kolejnej odpowiedzi na te same pytania, porównując swoją wcześniejszą odpowiedź z obliczonymi i udostępnionymi przez system wynikami poprzedniej rundy. Ten etap ilustruje Rys. 2 poniżej.



The screenshot shows a window titled "Odpowiedzi pierwszej rundy" with a close button (X). Inside, the text reads: "Globalna liczba użytkowników internetu (w mln) Stan w roku 2020". Below this, there are five input fields with the following values: "Odpowiedź użytkownika: 2400", "Średnia: 3149,61", "Odchylenie standardowe: 600,09", "Mediana: 3200", and "q5_4 - q5_1: 1540". An "OK" button is located at the bottom right of the window.

Statystyka	Wartość
Odpowiedź użytkownika	2400
Średnia	3149,61
Odchylenie standardowe	600,09
Mediana	3200
q5_4 - q5_1	1540

Rys. 2. Przykład informacji o wynikach 1. rundy widocznych dla respondenta 2. rundy w ankiecie delfickiej projektu SCETIST [Skulimowski i in., 2014].

Podsumowaniem kolejnych etapów badania są zazwyczaj dyskusje panelowe lub specjalistyczne seminaria z udziałem zarówno ekspertów, jak i interesariuszy badania. Celem tych dyskusji może być również ostateczne określenie scenariuszy rozwoju badanych zjawisk.

3. Implementacja systemu informatycznego wspomagającego badania delfickie

Jako przykład implementacji ankiet delfickich, w obecnym rozdziale przedstawimy wybrane najważniejsze elementy platformy internetowej zastosowanej w projekcie SCETIST (www.ict.foresight.pl). Tezy jednego z działów tej ankiety pokazane są na Rys. 3 niżej.

Ankiety Delfickie		
Systemy eksperckie, wspomaganie decyzji (SWD), rekomendery i wybrane zagadnienia systemów neurokognitywnych		
Tezy	Stopień wypełnienia	
1. Nastąpi dalszy rozwój i zwiększenie zakresu zastosowań SWD	100%	➤
2. Nastąpi rozwój rynku komercyjnego oprogramowania SWD	100%	➤
3. Nastąpi rozwój rynku SWD w Polsce	100%	➤
4. Do roku 2025 powstaną nowe metody sztucznej inteligencji stosowane w SWD	100%	➤
5. Powstaną nowe modele i metody teoretyczne, które będą stosowane w projektowaniu SWD (inne niż wymienione w tezie 4)	100%	➤
6. Do roku 2025 powstaną SWD zapewniające lepsze dopasowanie algorytmów wspomaganie decyzji do neuronalnych mechanizmów decyzyjnych	100%	➤
7. Powstaną kognitywne modele preferencji modelujące procesy decyzyjne w sposób bardziej adekwatny	100%	➤
8. Nastąpi rozwój systemów eksperckich, zwłaszcza SWD w chmurze.	100%	➤
9. Perspektywy kontynuacji trendów rozwojowych systemów mHealth i medycznych SWD	100%	➤
10. Nastąpi dalszy rozwój zastosowań SWD w finansach	100%	➤
11. Perspektywy integracji baz wiedzy, systemów eksperckich i SWD	83.33%	➤
12. Perspektywy rozwoju systemów regulowych	100%	➤
13. Problemy kreatywności w projektowaniu systemów eksperckich, SWD, i podejmowaniu decyzji	75%	➤
14. Pojawiają się nowe technologie, trendy, zdarzenia i nowe zjawiska społeczne, które będą mieć znaczący wpływ na trendy opisane w pytaniach do poprzednich tez	100%	➤

Rys. 3. Przykład badania delfickiego nt. „Systemy eksperckie, wspomaganie decyzji (SWD), rekomendery i wybrane zagadnienia systemów neurokognitywnych i wizyjnych” złożonego z 14 tez [Skulimowski i in., 2014]. Wskaźniki procentowe informują o stopniu wypełnienia odpowiedzi na pytania poszczególnych tez przez wybranego respondenta

Pytania ankiet delfickich odnoszące się do poszczególnych zagadnień wymienionych na Rys. 3 mają charakter złożony i zawierają zarówno elementy strukturyzowane (np. pola wyboru), ilościowe, jak i możliwość wpisywania narracyjnych uwag i uzasadnień. Ankieta jest z zasady anonimowa, tzn. analizowane jest zbiór wypowiedzi, a nie poszczególne głosy ekspertów, jednak respondenci przystępując do ankiety wyrażają zgodę na cytowanie swoich opinii wyrażonych w uzasadnieniach poszczególnych tez.

Standardowe pytania ankiety delfickiej posiadają strukturę tabelaryczną, co oznacza, że respondenci podają swoje odpowiedzi w kolumnach odpowiadających przedziałom czasowym podanym w nagłówku tabeli, czyli końcowemu i pośrednim horyzontom prognozowania. Każdej tezie odpowiada osobna tabela, są też tezy składające się z kilku takich tabel.

Ze względu na strukturę prezentacji i powiązania wewnątrz tabeli, pytania ankiety można podzielić na kategorie (typy), zilustrowane w tabelach 1-2 i rys. 4-9 poniżej.

Tabela 1. Schemat pytania prostego - składającego się jednego wiersza tabeli (Typ 1)

Nr pytania	Stan obecny	Stan w roku R1	Stan w roku R2	Stan w roku R3	Dalszy rozwój do roku R4	Uwagi, wyjaśnienia, źródła i uzasadnienia	Stopień pewności odpowiedzi
Treść pytania	pole odpowiedzi	pole odpowiedzi	pole odpowiedzi	pole odpowiedzi	pole odpowiedzi	komentarz	pole wyboru

Pytania Typu 2 mogą dodatkowo posiadać pytania podporządkowane (tzw. „podpytania”). Możliwość odpowiedzi na pytanie podporządkowane może – lecz nie musi – być uzależniona od udzielenia określonej odpowiedzi na pytanie nadrzędne. Typ 3 stanowią wzajemnie powiązane grupy pytań, wśród których nie wyróżnia się hierarchii, jednak z reguły posiadają one

wspólne wprowadzenie lub wspólną część pytania. Jako przykład Typu 3 mogą służyć pytania o strukturę pewnego rynku, przy czym każde z grupy pytań odnosi się do prognozy innego segmentu rynku: „*Proszę podać w % strukturę wartościową rynku mobilnych SWD w roku 2025*” [część wspólna wszystkich pytań] „*a) służba zdrowia i medycyna*”, *b) obsługa transakcji na rynkach finansowych*, *c)...*, ... *x) pozostałe*” [podporządkowane pytania szczegółowe]. Analiza odpowiedzi na pytania podporządkowane powinna uwzględniać sposób ich powiązania. W przykładzie wyżej należy wziąć pod uwagę, że suma odpowiedzi na wszystkie pytania podporządkowane powinna wynosić 100%.

Typ 4 pytania umożliwia użytkownikowi definiowanie dodatkowych własnych prognozowanych zmiennych, które zapisywane są w nowych wierszach tabeli. W panelu administracyjnym systemu wspomagania ankiet istnieje możliwość zdefiniowania maksymalnej liczby wierszy dodawanych przez użytkowników. Typ 5 pytania łączy możliwości typów 3 i 4 umożliwiając dodawanie przez respondenta nowych wierszy, które mogą być przypisane zarówno do pytań, jak i do podpytań. Typ 6 stanowią pytania, na które udzielana jest prosta odpowiedź – TAK/NIE, lub wartość wybierana ze zbioru dopuszczalnych odpowiedzi zdefiniowanego w formie pola wyboru. Ze względu na łatwość kwantyfikacji odpowiedzi stosowana jest tu najczęściej 5-cio lub 7-stopniowa skala Likerta [1931].

Ankieta zawierać może też pytania w formie tabeli powiązań, w których należy określić rodzaj powiązania pomiędzy obiektami przypisanymi do wierszy, a obiektami reprezentowanymi przez kolumny. Obiekty w tabeli powiązań mogą być albo predefiniowane przez administratora, albo tabele takie tworzone są dynamicznie w oparciu o odpowiedzi respondentów, którzy w innych pytaniach definiują obiekty

przeznaczone do zbadania. Tabele takie tworzą Typ 7 pytania. Przykład dynamicznej tabeli powiązań podany jest w tabeli 2.

Tabela 2. Przykład tabeli powiązań (Typ 7 pytania), gdzie wierszami i kolumnami są obiekty zdefiniowane przez respondentów w dwóch innych pytaniach, a odpowiedzi polegają na wskazywaniu powiązań lub zależności pomiędzy nimi w komórkach macierzy

Obiekty zdefiniowane w pytaniu 1	Obiekty zdefiniowane w pytaniu 2			
	odpowieź 2a	odpowieź 2b	odpowieź 2c	odpowieź 2d ...
odpowieź 1 a	powiązania	powiązanie	powiązanie	powiązanie
odpowieź 1 b	powiązanie	powiązanie	powiązanie	powiązanie
odpowieź 1 c	powiązanie	powiązanie	powiązanie	powiązanie ...
...				...

Przykładami obiektów, pomiędzy którymi poszukiwane są powiązania mogą być np. nowe funkcjonalności (obiekty przypisane do wierszy) i obszary zastosowań (obiekty przypisane do kolumn) określonej klasy systemów, a w komórkach tak powstałej macierzy wpisywane są sposoby powiązania lub ich horyzonty czasowe (termin powstania powiązania).

Edytuj

Powstana nowe funkcjonalności i obszary zastosowań SWD (proszę wpisać najważniejsze z nich w rubryce odpowiadającej najbardziej prawdopodobnemu okresowi wprowadzenia ich w SWD)

Stan w roku 2015

1.

2.

3.

4.

5.

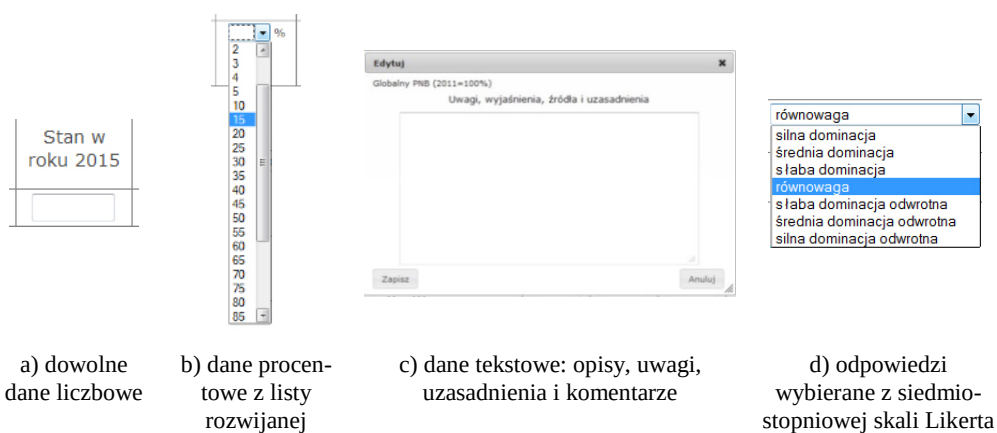
Zapisz Anuluj

Rys. 4. Przykład edycji metainformacji (kolumny macierzy dynamicznej w pytaniach Typu 7) podczas wypełniania ankiety delfickiej w projekcie SCETIST

Najczęściej stosowane są pytania typów 1-3 oraz 6. W tym przypadku odpowiedzi wpisywane są do pól tabeli ankiety, która ułatwia respondentom wypełnianie poprzez predefiniowane typy odpowiedzi:

- Pole numeryczne - pozwalające na wpisanie wartości liczbowych z określonego przedziału dopuszczalności, np.: wartości dodatnich;

- Pole procentowe – lista rozwijana pozwalająca na wybór dostępnych wartości procentowych dla odpowiedzi;
- Krótkie pole tekstowe – pole umożliwiające podanie dowolnej odpowiedzi na zadane pytanie z niewielkim limitem ilości znaków;



Rys. 5. Przykłady sposobów wprowadzania danych różnych typów jako odpowiedzi ankiet

- Pole opisowe – pole tekstowe służące do podawania dłuższych opisów trendów, zdarzeń, produktów, technologii itp., bez limitu ilości znaków (por. Rys. 5c).
- Pole odpowiedzi jakościowej wybieranej z pola wyboru jako jedna z wartości skali Likerta (por. Rys. 5d).
- Pole wyboru, które umożliwia wybór kilku spośród podanych gotowych odpowiedzi lub zawiera pojedynczą listę rozwijalną.

☐	Kwantowy
☐	Funkcjonowanie wyspecjalizowanych struktur neuronalnych
☐	Powiązanie z nowym mechanizmem transmisji sygnałów neuronalnych
☐	Powiązanie z funkcjonowaniem pamięci
☐	Nowe rodzaje interakcji z otoczeniem
☐	Inne

Pole wyboru spośród kilku predefiniowanych odpowiedzi

Pole odpowiedzi zawierające pojedynczą listę rozwijalną z elementami do wyboru

Rys. 6. Przykłady złożonych odpowiedzi ankiety

Wariantem tego pola jest pole opcji – umożliwiające wybór tylko jednej z podanych odpowiedzi, np.:

Czy powyższa struktura będzie się znacząco różnić w Polsce?

☒ Tak

☐ Nie

Rys. 7. Przykład binarnego pola opcji odpowiedzi ankiety

- Pole powiązań, które występuje w pytaniach typu „tabela powiązań” – składa się z dwóch list wyboru określających rok oraz rodzaj powiązania odpowiedzi (konieczna, pomocna, jedna z alternatywnych, może być pomocna, nie dotyczy).

Edytuj

technologia 1 - funkcjonalność 3

Rok:

Powiązanie:

Zapisz Anuluj

Rys. 8. Przykład pola powiązań

Odpowiedzi na pytania ankiety mogą mieć też formę złożoną, jak w przykładach podanych na Rys.9 poniżej:

Edytuj

W SWD znajdują zastosowanie istniejące, lecz niestosowane do tej pory na szerszą skalę metody sztucznej inteligencji. W kolumnie odpowiadającej najbardziej prawdopodobnemu terminowi ich powszechnego zastosowania w SWD proszę wpisać nazwy metod i ich przewidywany udział w implementacjach SWD (w procentach implementacji, gdzie zastosowano daną metodę). Opisy metod wraz z informacją bibliograficzną prosimy podać w przedostatniej kolumnie.

Stan w roku 2025

1. - %

2. - %

3. - %

4. - %

5. - %

Zapisz Anuluj

Pole tekstowe powiązane z polem procentowym – pozwala na podanie odpowiedzi tekstowej i określenie dla niej wartości procentowej

Edytuj

c) niebezpieczeństwo niewłaściwego potraktowania nowych i najbardziej nietypowych przypadków medycznych, dla których brak odpowiednich danych w medycznych bazach wiedzy

Stan w roku 2020

Określenie:

Wpływ:

Komentarz:

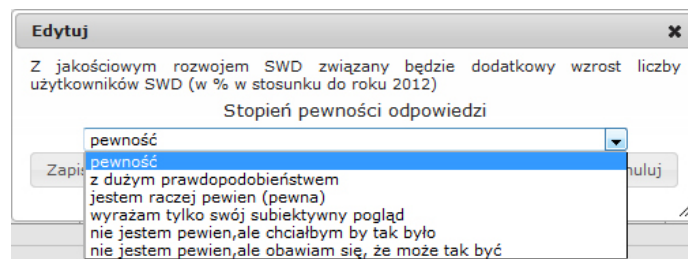
Zapisz Anuluj

Pole tekstowe powiązane z listą wyboru oraz z polem umożliwiającym wpisanie komentarza do wpisu w pierwszych dwóch częściach pola

Rys. 9. Przykłady złożonych odpowiedzi ankiety

Po podaniu odpowiedzi na pytanie dowolnego typu istnieje możliwość włączenia do badania dodatkowego pytania o „Stopień pewności odpowiedzi”. Eksperti dokonują wówczas wyboru z listy predefiniowanych stopni pewności odpowiedzi (Rys. 10):

- pewność
- z dużym prawdopodobieństwem
- jestem raczej pewien/pewna
- wyrażam tylko swój subiektywny pogląd – wartość domyślna
- nie jestem pewien/pewna, ale chciał(a)bym, by tak było
- nie jestem pewien/pewna, ale obawiam się, że może tak być.



Rys. 10. Wybór stopnia pewności udzielonej odpowiedzi

Opisana wyżej struktura ankiety została przetestowana dla foresightu ICT (system zaimplementowany na stronie internetowej www.ict.foresight.pl), po analizie alternatywnych systemów opartych np. na binarnych drzewach pytań (por. Skulimowski i Cichy, 2010; Skulimowski, Cichy i Czerni, 2012] lub ankiety typu „*real-time Delphi*” [Gordon i Pease; 2006] połączonych z natychmiastową prezentacją wyników.

4. Analiza wyników ankiet

Szczegółowej analizy statystycznej wyników badań dokonują eksperci paneli tematycznych. Metody analizy zaimplementowane w systemie zarządzania ankietami dotyczą głównie statystyki opisowej. Dokonano estymacji

m.in. wartości oczekiwanych, odchyłeń i semiodchyłeń standardowych, ponadto obliczana jest mediana oraz kwartyle i kwintyle.

Przypomnijmy, że kwartyle dzielą uporządkowany rosnąco zbiór odpowiedzi R na 4 rozłączne podzbiory zawierające po 25% odpowiedzi (z dokładnością do 1) i takie, że elementy k -tego podzbioru są mniejsze lub równe od odpowiadającego mu k -tego kwartyła ($k=1,2,3,4$), a większe od poprzedniego. Kwartył drugi (q_2) dzieli odpowiedzi na dwie równe (z dokładnością do 1) licznosciowo części i nazywany jest medianą. Podobnie, kwintyle dzielą zbiór R na 5 równych podzbiorów (również z dokładnością do 1) zawartych pomiędzy kolejnymi kwintylami, czyli wartościami odpowiedzi o wskaźniku odpowiadającym $[k*20\%]$ licznosci zbioru odpowiedzi dla $k=0,...,5$. Wartości odpowiedzi w pierwszym podzbiorze zawarte są w przedziale od minimum zbioru R do 1. kwintyla, drugi podzbiór zawiera wartości od 1. kwintyla do odpowiedzi o wskaźniku odpowiadającym 40% licznosci zbioru R (2. kwintyl) itd.²

Kwartyle i kwintyle są szczególnym przypadkiem kwantyli, nazywanych również percentylami. Gdy istnieje taka liczba naturalna K , że $Kp=100$, wówczas kwantyle dzielą uporządkowany rosnąco zbiór odpowiedzi R o licznosci N na K podzbiorów o licznosciach $[Np/100]$ lub $[Np/100]+1$ i takie, że indeksy elementów ciągu odpowiedzi są zawarte kolejno pomiędzy $kNp/100$, a $(k+1)Np/100$, gdzie p jest tzw. rzędem percentyla (kwantyla), a k numerem kolejnym podzbioru odpowiedzi takim, że $0 < kp \leq 100\%$. System analizy ankiet umożliwia obliczanie dowolnych kwantyli dla każdego ilościowego lub skwantyfikowanego pytania.

² Istnieją różne konwencje podziału zbioru R na podzbiory zawarte pomiędzy kolejnymi kwantylami w przypadku, gdy wartości kwantyla odpowiadają wartości większej niż jeden liczby odpowiedzi. W opisaney tu analizie wyników badań delfickich odpowiedzi o identycznej wartości dzielone są pomiędzy kolejne podzbiory w taki sposób, aby liczebność wszystkich podzbiorów była możliwie równa (w przypadku odpowiedzi ze współczynnikami wiarygodności żądamy, by suma wag przypisanych do tych podzbiorów była równa).

Dla wyników badania uwzględniających współczynniki wiarygodności w_i , zestaw odpowiedzi uporządkowany jest w podobny sposób, lecz numerem kolejnym odpowiedzi ograniczającej z góry podzbiór odpowiadający k -temu kwantylowi rzędu p , $kp \leq 100$, jest największa liczba naturalna $j(k,p)$ taka, że

$$v(k,p) := \sum_{1 \leq i \leq j(k,p)} w_i / \sum_{1 \leq i \leq n} w_i \leq kp/100, \text{ dla } kp \leq 100. \quad (1)$$

Jeśli w nierówności (1) zachodzi równość, wówczas k -ty kwantyl ważony wyznaczany jest jako wartość odpowiedzi o numerze $j(k,p)$ obliczonym w powyższy sposób, $r(j(k,p))$. Gdy $j(k,p) < kp/100$, wówczas należy zastosować interpolację wartości k -tego kwantyla pomiędzy $r(j(k,p))$, a $r(j(k,p)+1)$. Najprostsza i zarazem wystarczająca jest interpolacja liniowa, która pozwala na wyznaczenie następującej wartości k -tego ważonego kwantyla rzędu p :

$$q(k,p) := r(j(k,p)) + (r(j(k,p)+1) - r(j(k,p))) [kp(\sum_{1 \leq i \leq n} w_i)/100 - \sum_{1 \leq i \leq j(k,p)} w_i] / w_{j(k,p)+1}. \quad (2)$$

W związku z tym, że celem naczelnym foresightu jest wykrycie zdarzeń i trendów nieoczekiwanych, których parametry sytuują się często poza wartościami średnimi, a artykułowane mogą być przez stosunkowo nieliczne grono ekspertów, analiza statystyczna powinna służyć przede wszystkim do scharakteryzowania przyszłych uwarunkowań dynamiki wybranych trendów i do konstrukcji scenariuszy. Jak wskazują wyniki badania delfickiego przeprowadzonego w projekcie SCETIST przedstawione w [Skulimowski i in., 2014], uwzględnienie współczynników wiarygodności poprawia jakość rezultatów badania, umożliwiając wyłonienie grupy respondentów o lepszym dostępie do informacji źródłowej.

Aby należycie wykorzystać informacje pozyskane podczas analiz delfickich, konieczne jest zastosowanie jednej lub kilku z następujących

metod przetwarzania wyników podawanych w postaci symbolicznej lub deskryptywnej:

- Weryfikacja odpowiedzi ilościowych dokonywana przez specjalistów z zakresu foresightu. Dopuszczalną formą weryfikacji jest wyłącznie korekta oczywistych pomyłek respondentów, np. podanie wartości 1000000 zamiast 1 w odpowiedzi na pytanie o ilość serwerów w Polsce w mln sztuk.
- Weryfikacja komentarzy, która może skutkować usunięciem całej odpowiedzi w przypadku wykrycia komentarza lub uzasadnienia w oczywisty sposób niezwiązanego z tematyką badania lub naruszającego regulamin badania lub inne przepisy prawne.
- Przypisanie poszczególnym deskryptywnym odpowiedziom ekspertów wartości liczbowych, po czym obliczenie średnich ważonych współczynnikami wiarygodności, a następnie powrót do oceny deskryptywnej poprzez znalezienie deskryptora najbliższego obliczonej wartości liczbowej.
- Konstrukcja złożonych wskaźników ilościowych na podstawie odpowiedzi na kilka lub więcej pytań z tej samej tezy lub nawet z różnych tez. Agregowane odpowiedzi mogą być ważone współczynnikami wiarygodności. W przypadku uwzględnienia odpowiedzi podawanych w postaci symbolicznej wymagana może być wcześniejsza konwersja wybranego wariantu z pola wyboru na wartości liczbowe.
- Analiza statystyczna odpowiedzi ilościowych i skonwertowanych na liczbowe (zakres tej analizy podany jest dalej).
- Analiza statystyczna i określenie trendów logistycznych dla dystrybuant rozkładu prawdopodobieństwa zajścia pewnego zdarzenia w przyszłości, gdy eksperci odpowiadali na pytanie typu: „*Jakie jest prawdopodobieństwo, że zdarzenie X zajdzie najpóźniej w roku*

2020/2025 lub po roku 2025 lecz przed 2030”. W tym przypadku możliwe jest również wyznaczenie oczekiwanego (na pewnym poziomie ufności) roku zajścia zdarzenia opisywanego dystrybuantą prawdopodobieństwa, oraz charakterystyk statystycznych tej daty.

Wszystkie wskaźniki obliczane są również w wersjach z wagami, którymi są współczynniki wiarygodności odpowiedzi – liczby z przedziału od 0 do 1 – oraz bez tych wag. Wybór sposobu obliczeń dokonywany jest automatycznie w oparciu o kody pytań określone podczas definiowania ankiety, por. Tabela 3.

Tabela 3. Kody pytań wyznaczające sposób analizy odpowiedzi

Kod pytania	Opis	Typ danych
P	Pytania dotyczące prawdopodobieństw wystąpienia zdarzeń	Procenty
P1	Pytania dotyczące rocznego wzrostu wartości prognozowanej wielkości	Procenty
P2	Pytania dotyczące wzrostu wartości w odniesieniu do roku bazowego	Procenty
Q	Pytania ilościowe	Liczby naturalne lub rzeczywiste
R	Pytania dotyczące skumulowanego prawdopodobieństwa	Procenty
L	Pytania dotyczące poziomu technologii	Pole wyboru lub liczby naturalne
M	Pytania dotyczące struktury powiązań	Pole wyboru lub tekst
M1, M2, M3	Komórki tabeli powiązań określające powiązania różnych cech i obiektów	Rok (M1), przedział czasowy (M2) lub pole wyboru (M3)
S1, S2	Pytania strukturalne	Udziały w procentach (S1) lub pole wyboru (S2)
T	Pytania z odpowiedziami opisowymi	Tekst

Oprócz obliczeń podanych wyżej podstawowych wskaźników, standardowa analiza statystyczna obejmuje następujące testy własności zbioru odpowiedzi na poszczególne pytania:

- Rozstęp kwartyłowy (różnica 3 i 1 kwartyła) i wskaźniki pochodne,
- Rozstęp kwintylowy (różnica 4 i 1 kwintyla) i wskaźniki pochodne,

- Test normalności rozkładu odpowiedzi Shapiro-Wilka,
- Test unimodalności rozkładu odpowiedzi oparty na teście Hartigana, por. [Engelman i Hartigan, 1969; Hartigan i Hartigan, 1985],
- Ilość skupień (klastrow) odpowiedzi.

Analiza odpowiedzi na pytania dopuszczające swobodne wypowiedzi, np. gdy eksperci mogli definiować związki pomiędzy funkcjonalnościami poszczególnych technologii, a ich obszarami zastosowania w różnych horyzontach czasowych, nie poddaje się automatyzacji i musi być dokonana przez ekspertów pracujących w panelach tematycznych.

Ilościowe wyniki każdej rundy są analizowane wg powyższego schematu i udostępniane respondentom wypełniającym kwestionariusz kolejnej rundy. Mogą one być także generowane w formie zbiorczej przez system zarządzania ankietami – przykład takiej analizy zamieszczony jest w tabeli 4. Szczegóły obliczeń podane są w [Skulimowski i in., 2014, s.23 i następne].

Tabela 4. Przykład analizy statystycznej dla pytania delfickiego dotyczącego prognozy udziału przychodów operatorów Systemów Wspomagania Decyzji (SWD) w Polsce w łącznych przychodach branży ICT (w %). Wagi odpowiedzi są iloczynami współczynnika pewności dla danej odpowiedzi i współczynnika kompetencji respondenta

Obliczone charakterystyki	Stan w roku 2015		Stan w roku 2020		Stan w roku 2025		Stan w roku 2030	
	Σw	N	Σw	N	Σw	N	Σw	N
Suma wag (Σw)/Liczba (N) analizowanych odpowiedzi	22,11	52	22,11	52	22,11	52	22,11	52
Test Shapiro Wilka	(+)	(+)	(-)	(-)	(-)	(-)	(+)	(+)
Średni udział w %	10,536	9,619	13,963	12,905	21,049	20,119	25,997	25
Odchylenie standardowe	6,459	6,2	7,067	7,027	11,044	10,73	14,386	13,933
Semiodchylenie lewe	5,36	5,114	6,394	5,981	9,977	9,148	11,534	10,439
Semiodchylenie prawe	9,015	6,847	8,14	8,762	14,28	15,641	20,631	22,526
1 kwintyl	2	2,4	4	4	5	5	10	10
2 kwintyl	5	5	10	10	15	15	15	15
Mediana	10	10	10	10	20	20	20	20
3 kwintyl	10	10	15	15	20	20	25	25
4 kwintyl	20	18	25	23	35	35	45	43
Rozstęp międzykwintylowy	18	15,6	21	19	30	30	35	33
Rozstęp międzykwartylowy	12	12	15	15	25	20	30	25
Liczba klastrow	3	3	3	3	4	4	4	4

Źródło: Badania delfickie projektu SCETIST [Skulimowski i in., 2014], pytanie 3.2. Dalsze prognozy technologiczne związane z rozwojem SWD można znaleźć w [Skulimowski, 2011]

Dla zestawu odpowiedzi ilościowych na poszczególne pytania ankiety administrator systemu zarządzania ankietami może udostępnić wykonanie testu Shapiro-Wilka [1965]. Za pomocą tego testu, sprawdzane jest, czy dane mają rozkłady zbliżone do rozkładu normalnego. Dane dotyczące wzrostu względnego (np. wzrost wyrażony w procentach) zostają przed wykonaniem obliczeń zlogarytmowane. Po uporządkowaniu odpowiedzi od wartości najmniejszej do największej, obliczenia statystyki W prowadzone są według wzoru:

$$W(x_1, \dots, x_n) = \left[\sum_{i=1}^m a_i(n)(x_{n-i+1} - x_i) \right]^2 / \sum_{j=1}^n (x_j - s)^2, \quad (3)$$

gdzie:

$m = [n/2]$ (część całkowita z $n/2$),

$a_i(n)$ – współczynniki korekcyjne z tablic dla testu Shapiro-Wilka,

$x_{n-i+1} - x_i$ – różnica pomiędzy i -tymi skrajnymi obserwacjami,

s – średnia wartość odpowiedzi.

Następnie wartość statystyki W obliczona przy pomocy wzoru (1) porównywana jest z teoretyczną wartością rozkładu Shapiro-Wilka, $\alpha(p, n)$, dla wybranego poziomu ufności p (przyjęto $p=0,05$) i liczby stopni swobody n . Przyjmujemy, że rozkład odpowiedzi jest normalny, gdy $W(x_1, \dots, x_n) > \alpha(p, n)$.

Informacja o tym, jaką metodę obliczeń należy zastosować w przypadku analizy odpowiedzi na konkretne pytanie ankiety, zawarta jest w polu kontrolnym, nazywanym kodem pytania. Kod pytania określany jest przez eksperta panelu głównego – administratora ankiety w momencie definiowania danego pytania. Co do zasady, dane dotyczące względnego wzrostu analizowane są przy pomocy metod logarytmicznych. Kod pytania określa

również typ danych, które powinny być podawane przez respondentów w odpowiedzi na to pytanie (por. Tabela 1).

Na Rys. 11 przedstawiony jest przykład wypełnionej ankiety (Dział II, teza 12), projektu SCETIST.

12. Perspektywy rozwoju systemów regulowych							
Lp.	W okresie do 2025 nastąpi dalszy rozwój systemów diagnostycznych, klasyfikacyjnych i wspomagania decyzji opartych na przetwarzaniu zbioru regul. Proszę podać i oszacować wartości podanych poniżej parametrów ilościowych dotyczących ilości dostępnej informacji	Stan w roku 2015	Stan w roku 2020	Stan w roku 2025	Dalszy rozwój do roku 2030	Uwagi, wyjaśnienia, źródła i uzasadnienia	Stopień pewności odpowiedzi
12.1.	Ilość powszechnie dostępnych on-line systemów diagnostycznych (płatnych i bezpłatnych)	900	2000	5000	10000	Charakter systemu diagnostycznego mają bardzo popularne w sieci proste testy psychologiczne, określające przy pomocy kilkunastu-kilkudziesięciu pytań różne cechy lub skłonności. Takich testów jest zapewne kilka tysięcy w różnych językach. Ze względu na nieznaną najczęściej reguły i niewiadomy sposób weryfikacji poprawności i uczenia się systemu, nie są to jednak w zdecydowanej większości klasyczne systemy regulowe. Takimi są na pewno zdalne systemy do określania rodzaju defektu lub awarii w złożonych urządzeniach technicznych na podstawie przesyłanych danych pomiarowych i standaryzowanego opisu problemu. Dotyczy to także serwisu oprogramowania. Poza tym w sieci dostępnych jest wiele systemów służących do określania we własnym zakresie symptomów różnych schorzeń. Bardziej zaawansowane z nich zostały uwzględnione w odpowiedzi ilościowej obok. W przyszłości dominować będą złożone systemy, umożliwiające transmisję danych w celu ich przetworzenia oraz uczenie się systemu poprzez reguły adaptacyjne i różnorodne metody modelowania niepewności. Nastąpi szybki wzrost ilościowy i jakościowy tych systemów. Do roku 2025 systemy udostępniane w ramach obsługi gwarancyjnej będą podawać trafną diagnozę w 99% procent zgłoszonych przypadków.	z dużym prawdopodobieństwem
12.2.	Procentowy udział przedsiębiorstw w krajach OECD stosujących systemy regulowe	30	50	75	90	Z wyjaśnienia do pytania wynika, że chodzi tu o przedsiębiorstwa z zatrudniające co najmniej 1 osobę (tj. wszystkie firmy oprócz samozatrudnionych). Firmy takie stosować będą coraz częściej systemy regulowe w celu udostępnienia ich swoim klientom - nabywcom usług i/lub produktów. Ponadto firmy prowadzące sprzedaż przez Internet mogą wykorzystywać systemy regulowe w algorytmach rekomendujących, a wszystkie firmy handlowe - w celu analizy struktury sprzedaży. Oznacza to, że potrzeba stosowania systemów regulowych stanie się wkrótce powszechna i że będzie istotnym czynnikiem decydującym o konkurencyjności firmy. Można spodziewać się, że zastosowanie systemów regulowych będzie częstsze i szersze w firmach większych, w niektórych branżach jest i będzie powszechne (firmy medyczne, doradcze, ubezpieczeniowe, serwisy naprawcze, diagnostyka i kontrola jakości produktów), a w innych ich implementacja będzie wolniejsza (handel tradycyjny, rolnictwo).	jestem raczej pewien (pewna)
12.3.	Wartość rynku systemów regulowych i baz wiedzy w krajach OECD (2011=100%)	120	180	250	340	Rynek systemów regulowych dzieli się na kilka segmentów o różnej dynamice. Są to m.in. rynki dostępu do systemów płatnych i związany z nim rynek reklam oferowanych przez systemy o bezpłatnym dostępie, rynek oprogramowania regulowego i regulowych baz danych. Można oczekiwać, że wzrost wartości całości rynku będzie wolniejszy, niż ilość firm korzystających z systemów diagnostycznych, gdyż wzrastać będzie ilość systemów oferowanych nieodpłatnie oraz udział oprogramowania open-source. Jednocześnie - ze względu na zwiększającą się ilość systemów, jednostkowy koszt korzystania z systemów płatnych będzie maleć. Odwrotny trend będzie można zaobserwować w przypadku rynku regulowych baz danych, gdyż bazy te będą coraz doskonalsze, a ich odtworzenie coraz trudniejsze. Dotyczyć to będzie jednak tylko niektórych branż, takich jak medycyna.	jestem raczej pewien (pewna)
12.4.	Wartość rynku systemów regulowych i baz wiedzy w Polsce (w mln PLN)	90	140	200	300	Stan rynku systemów regulowych w Polsce nie będzie istotnie różny od średniej dla krajów OECD, zwłaszcza po roku 2020. Decydować będą o tym ogólny stan informatyzacji kraju, w tym przedsiębiorstw, dostęp do Internetu, rozwój w kraju innych technologii informatycznych, takich jak inteligentne systemy wspomagania decyzji, w tym case-based i rule-based DSS. Dotychczasowe trendy rozwojowe, zarówno ogólnoeconomiczne, jak i w zakresie rozwoju sektora ICT oraz wzrost ilości osób z wykształceniem informatycznym potwierdzają możliwość osiągnięcia średniego poziomu krajów OECD w zakresie parametrów rynku systemów regulowych w okresie 2020-2025.	z dużym prawdopodobieństwem

Rys. 11. Przykład odpowiedzi na pytania Działu II ankiety projektu SCETIST [Skulimowski i in., 2014].

5. Metodyka analizy konsensusu w odpowiedziach ekspertów

Sposób oceny osiągnięcia konsensusu jest ściśle uzależniony od rodzaju informacji podawanych w odpowiedzi przez ekspertów. Większość pytań ankiety delfickiej w projekcie SCETIST prezentowana była w schemacie przedstawionym w następującej tabeli 5.

Tabela 5. Sposób wypełniania pytań dotyczących szans (odds) zajścia przyszłego zdarzenia

Trend, zdarzenie lub kierunek rozwoju	2015	2020	2025	Do 2030	Uwagi	φ
opis zdarzenia lub trendu	jak dla 2020	Skumulowane prawdopodobieństwo zajścia zdarzenia lub osiągnięcia określonej wartości przez parametr trendu	jak dla 2020	jak dla 2020	tekst	pole wyboru

W ostatniej kolumnie tabeli 5 znajduje się wspomniany już wcześniej współczynnik pewności odpowiedzi $\varphi \in [0,1]$, podawany przez ekspertów. Łącznie ze współczynnikiem kompetencji wynikającym z oceny doświadczenia i udziału w poprzednich ankietach oraz współczynnikiem samooceny wiedzy eksperta w zakresie tematyki każdej z tez osobno, φ służy następnie do wyznaczenia współczynnika wiarygodności odpowiedzi. W projekcie SCETIST zastosowano multiplikatywną kombinację tych współczynników. Ocena wiarygodności odpowiedzi *ex-ante* pozwoliła na analizę ilościową wyników badania uwzględniającą nie tylko częstotliwości występowania konkretnych wartości podawanych przez ekspertów, lecz również ich wiarygodność. Z tego względu osiągnięcie konsensusu [por. np. von der Gracht, 2012; Warth i in., 2013] nie musi być głównym celem badania delfickiego. Dla przykładu, w projekcie SCETIST w miejsce tradycyjnego konsensusu ekspertów poszukiwane były skupienia odpowiedzi udzielonych przez grupy ekspertów o sumach współczynników wiarygodności przekraczających ustalony próg. W grupach takich powinni

znajdować się zatem eksperci, którzy na podstawie doświadczenia lub wcześniejszych odpowiedzi zostali uznani za najbardziej wiarygodnych. Hipotetyczną, najbardziej wiarygodną estymatą wartości badanej zmiennej mogła być w ten sposób mediana lub średnia odpowiedzi z wybranego klastra. Wartości te mogą następnie służyć do budowy scenariuszy rozwoju badanej technologii, produktu, czy rynku, por. Tapio [2003].

Jak wspomnieliśmy w Rozdz. 3 i 4, standardowa analiza statystyczna odpowiedzi na pytania delfickie obok podstawowych wskaźników statystycznych zawiera wartości dwóch kwartyli lub dwóch kwintyli używanych jako miary zgodności opinii ekspertów. Rozstęp ćwiartkowy (rozstęp kwartylowy, ang. *interquartile range*, IQR), zdefiniowany jest jako różnica pomiędzy trzecim i pierwszym kwartylem. Jest to zatem przedział w którym znajduje się 50% odpowiedzi, pomiędzy 25, a 75-tym centylem. Wariantem IQR, również obliczanym w niniejszym raporcie jest iloraz różnicy i sumy kwartyli. Oprócz IQR obliczana jest także silniejsza miara zgodności, określana jako rozstęp kwintylowy lub rozstęp Pareto (ang. *Pareto range*, IQVR), zdefiniowana jako różnica pomiędzy czwartym i pierwszym kwintylem. Miara ta uwzględnia tym samym odpowiedzi między 20, a 80-tym centylem. Obliczenie IQVR wymaga odrzucenia 20% najwyższych i najniższych wartości odpowiedzi, stąd pochodzenie terminu *rozstęp Pareto*, odnoszącego się do znanej zasady Pareto. Zarówno miara rozbieżności IQVR, jak i same kwintyle są również obliczane i stosowane w niektórych publikacjach projektu, a mianowicie przy analizie trendów odnoszących się do technologii i dziedzin badawczych, gdzie przyjęta jest silniejsza miara badania konsensusu, oraz w obliczeniach dotyczących scenariuszy.

W celu oceny, czy zgodność odpowiedzi została osiągnięta, IQR oraz IQVR są często porównywane do długości $r_q := |r_{q,max} - r_{q,min}|$ przedziału

$[r_{q,max} , r_{q,min}]$, określającego rozpiętość wszystkich możliwych wartości odpowiedzi mających sens. Powyższy „przedział sensowności” powinien być określony na etapie projektowania lub analizy kwestionariusza dla każdego pytania q oddzielnie. Każda z powyższych miar zgodności, IQR oraz IQVR po podzieleniu przez r_q pozwala na wyznaczenie wskaźnika zgodności, który powinien być porównywany z pewną wartością progową γ . Wartość ta może być wspólna dla grupy pytań dotyczącej współmiennych zmiennych losowych. Dla konkretnej wartości γ warunek zgodności

$$IQVR(s)/r_q \leq \gamma, \quad (4)$$

gdzie s jest numerem kolejnej rundy badania, jest oczywiście mocniejszy niż warunek $IQR(s)/r_q \leq \gamma$. Warunek zgodności typu (4) jest często stosowany jako miara zbieżności badania. Zbieżność ta jest zachowana, gdy wartości rozstępów maleją w kolejnych rundach, chociaż niekoniecznie monotonicznie, tj. gdy

$$\forall s \geq 1 \exists s_0 > s \forall t \geq s_0 IQVR(t) < IQVR(s). \quad (5)$$

Konsensus jest osiągnięty, gdy dodatkowo

$$\exists s_0 \geq 1 \forall t \geq s_0 IQVR(t)/r_q \leq \gamma. \quad (6)$$

Warunki podobne do (5) i (6) można oczywiście sformułować także dla IQR.

Jak wspomnieliśmy wyżej, osiągnięcie konsensusu nie zawsze jest wymagane. W szczególności, w badaniu delfickim projektu SCETIST osiągnięcie takiej zgodności nie było celem ostatecznym. Przeciwnie, założono, że wyłonienie dwóch lub więcej skupień (klastrow) w zbiorze odpowiedzi na pytanie delfickie może wskazywać na wykorzystanie przez ekspertów różnorodnych źródeł informacji dotyczących określonego tematu. Wiarygodność *ex-ante* tych źródeł informacji może nie być znana, co uniemożliwia ocenę, która z grup odpowiedzi jest bardziej realistyczna. Można jednak obliczyć sumę wag odpowiedzi z każdego klastra i założyć,

że prawdopodobieństwo przyjęcia przez badaną zmienną wartości z przedziału określonego przez średnią i wariancję każdego klastra jest proporcjonalna do tej sumy. Do każdego z klastrów można również zastosować podane wyżej kryterium zbieżności wyników badania.

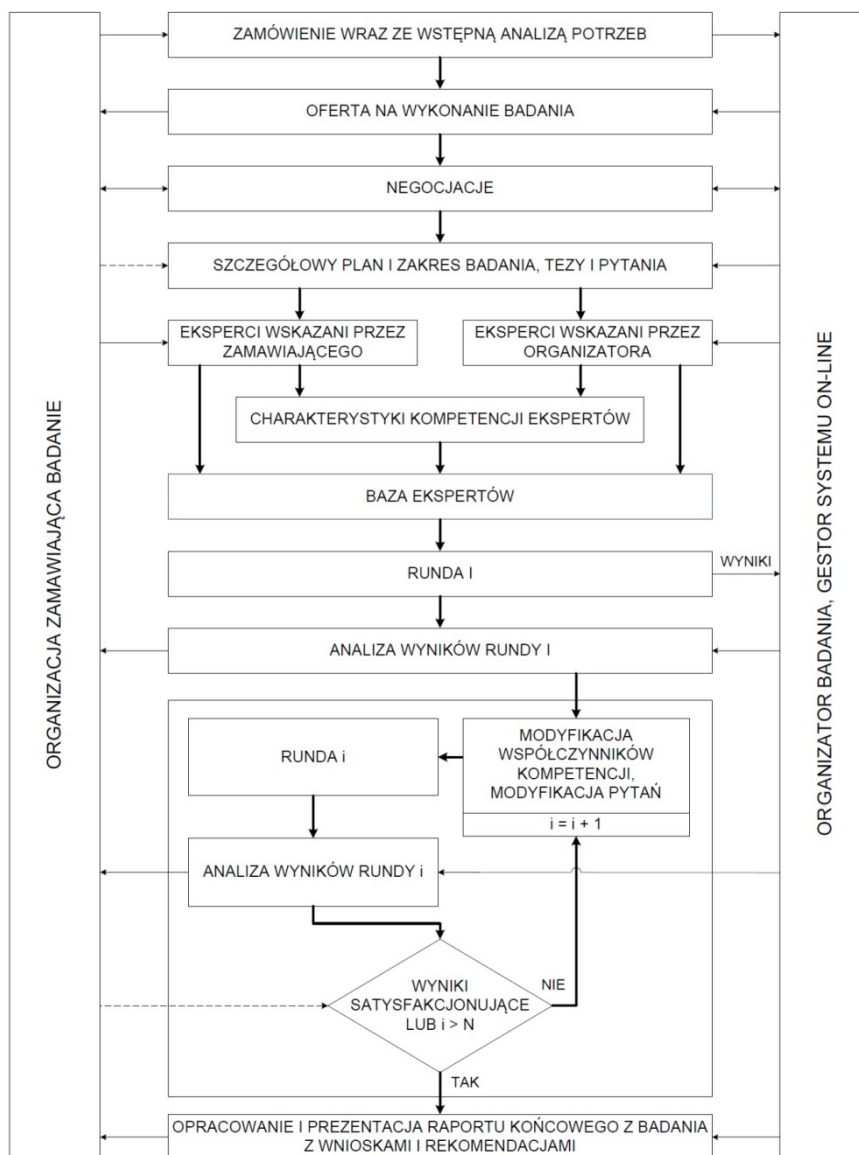
Podsumowanie

Badania delfickie mogą być zarówno samodzielnym sposobem pozyskiwania wiedzy w danej dziedzinie, jak też uzupełnieniem innych sposobów pozyskiwania wiedzy eksperckiej, takich jak warsztaty i panele, badania literaturowe, patentometryczne, webometryczne, inwentaryzacja produktów i technologii itp.

Odpowiedzi na pytania w ankietach delfickich mogą pozwolić na identyfikację współczynników modeli socjoekonomicznych [Skulimowski, 2012a], charakterystyk przyszłych problemów decyzyjnych wchodzących w skład modeli antycypacyjnych [Skulimowski, 2014ab], a także na tworzenie rankingów technologii i trajektorii technologicznych. Badanie delfickie może pomóc odkryć lub potwierdzić związki przyczynowo-skutkowe pomiędzy zdarzeniami, trendami i zmiennymi. Badane i wyznaczone mogą być również prognozy wskaźników makroekonomicznych, takich jak średnia rentowność sektora ICT, która zależy nie tylko od wielkości sprzedaży i innych czynników związanych bezpośrednio z rynkiem, lecz także od wdrożeń nowych technologii.

Strategie rozwoju technologicznego przedsiębiorstw, czy też plany wprowadzanie nowych produktów na rynek [Skulimowski, 2009; Skulimowski i Pukocz, 2011] powinny brać pod uwagę przyszłe trendy technologiczne, które mogą być uzyskane podczas badania delfickiego. Analiza odpowiedzi na odpowiednio sformułowane pytania ankiety

delfickiej może tym samym stanowić ważny element zwiększający konkurencyjność przedsiębiorstw.



Rys. 12. Schemat organizacyjny wielorundowego badania delfickiego, w którym wykorzystano specjalistyczne oprogramowanie udostępniane jako usługę.

Przedstawiona tu implementacja badania przystosowana do efektywnej konstrukcji trendów i scenariuszy technologiczno-rynkowych może być

szczególnie przydatna dla innowacyjnych przedsiębiorstw planujących inwestycje technologiczne [por. Okoń-Horodyńska, Skulimowski, 2010]. Schemat organizacyjny takiego badania delfickiego, w którym zamawiający badanie korzysta ze specjalistycznego oprogramowania, wiedzy i doświadczenia organizacji naukowo-doradczej udostępniającej platformę informatyczną badania jako usługę przedstawiony jest na Rys. 12 powyżej.

Zgodnie z tym schematem przedsiębiorca nie musi podejmować się samodzielnej organizacji badania, do czego zresztą nie jest z reguły przygotowany. Całość badania, obejmująca pomoc doradczą przy formułowaniu problemów przedstawianych ekspertom, rekrutację ustalonej liczby ekspertów, monitoring badania, analizę statystyczną i merytoryczną jego wyników oraz opracowanie rekomendacji końcowych może być zlecona w formie usługi typu SaaS (*software as a service*) wyspecjalizowanej instytucji badawczej [por. www.foresight.pl]. Otrzymane w ten sposób wyniki analizy ankiet delfickich zawierają zarówno odpowiedzi ilościowe, jak i opracowane merytorycznie komentarze oraz odpowiedzi jakościowe skonwertowane do postaci umożliwiającej dalsze obliczenia.

Wyniki badań delfickich mogą być jednym z głównych elementów składowych bazy wiedzy przedsiębiorstwa [Skulimowski, 2012b] koniecznej do wyznaczania trendów, budowy scenariuszy i rekomendacji inwestycyjnych. W skład takiej bazy wiedzy wchodzi ponadto bazy danych zawierające szeregi czasowe dotyczące charakterystyk rynków, cen, wielkości produkcji i sprzedaży, a także parametry technologiczne produktów konkurencji i bazy reguł określających sposoby przetwarzania tej informacji.

Łącznie z procedurami umożliwiającymi aktualizację, ekstrakcję (boty internetowe) i wizualizację zgromadzonych informacji, baza taka może stanowić część rozproszonego systemu eksperckiego, zwanego systemem wspomagania foresightu (FSS, Foresight Support System, por. [Skulimow-

ski, 2012b]; von der Gracht i in., 2015]), gdzie system procedur analitycznych (tzw. *system's engine*) znajduje się na serwerze instytucji badawczej lub doradczej, a wrażliwe dane dotyczące rozwoju przedsiębiorstwa są przechowywane lokalnie. Narzędzia FSS umożliwiają fuzję heterogenicznych danych, generowanie scenariuszy elementarnych i – na ich podstawie – scenariuszy deskryptywnych opisujących najważniejsze warianty rozwoju badanych technologii. Do konstrukcji scenariuszy rozwoju sektora IT wykorzystane zostały właśnie odpowiedzi na pytania postawione w ramach analizy delfickiej i następnie opracowane metodami charakterystycznymi dla badań foresightowych [Börjeson i in., 2006]. Przy pomocy metod ekstrapolacyjnych, takich jak ARIMA, VARIMA, czy SVARIMA generowane mogą być ponadto wariantowe prognozy makroekonomiczne, dotyczące cen technologii, produktów i usług oraz wielkości ich sprzedaży.

Literatura

- Börjeson, L., Höjer, M., Dreborg, K., Ekvall, T., Finnveden, G. (2006), *Scenario types and techniques: towards a user's guide*, Futures 38 (7), 723–739.
- Buckley, Ch. (1995), *Delphi: a methodology for preferences more than predictions*, Library Management, 16(7), 16-19.
- Dalkey, C.N., Helmer-Hirschberg, O. (1963), *An Experimental Application of the Delphi Method to the Use of Experts*, Management Science 9(3), 458-467.
- Engelman, L., Hartigan, J.A. (1969). *Percentage points of a test for clusters*. J.Amer. Statist. Assoc. 64, 1647-1648
- Gnatzy, T., Warth, J., von der Gracht, H., Darkow, I.-L. (2011), *Validating an innovative real-time Delphi approach - A methodological comparison between real-time and conventional Delphi studies*, Technological Forecasting and Social Change 78(9) 1681-1694.
- Gordon, T., Pease, A. (2006), *RT Delphi, An efficient, "round-less" almost real time Delphi method*, Technological Forecasting and Social Change 73(4), 321–333.
- Górecki, H., Skulimowski, A.M.J. (1986). *A Joint Consideration of Multiple Reference Points in Multicriteria Decision Making*. Found. Control Engrg. 11(2), 81-94.
- Hartigan, J., Hartigan, P. (1985), *The dip test of unimodality*. The Annals of Statistics 13(1), 70–84.
- Hasson, F., Keeney, S. (2011), *Enhancing rigour in the Delphi technique research*, Technological Forecasting and Social Change 78(9), 1695-1704.

- Likert, R. (1932), *A Technique for the Measurement of Attitudes*, Archives of Psychology 140, 1-55.
- Linstone, H.A., Turoff, M. (red.), *The Delphi Method. Techniques and Applications*. Electronic version © Harold A. Linstone, Murray Turoff, 2002, s.616 (1975)
- Okoń-Horodyńska, E., Skulimowski, A.M.J. (2010), *Wykorzystanie rezultatów badawczych foresightu przy wspomaganiu decyzji strategicznych w przedsiębiorstwach*. Chemik - Nauka-Technika-Rynek 64(6), 440-450.
- Rowe, G., Wright, G. (1999), *The Delphi technique as a forecasting tool: issues and analysis*. International Journal of Forecasting, 15(4), 353-375.
- Shapiro, S.S. and Wilk, M.B. (1965), *An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples)*, Biometrika, 52, 591-611.
- Skulimowski, A.M.J., (2009), *Metody roadmappingu i foresightu technologicznego*, Chemik: nauka-technika-rynek 42(5), 197–204.
- Skulimowski, A.M.J. (2011), *Future Trends of Intelligent Decision Support Systems and Models*, [W:] J.J. Park, L.T. Yang, C. Lee (red.): *FutureTech 2011, Part I*, CCIS, Vol. 184, Springer, Berlin-Heidelberg, s. 11-20.
- Skulimowski, A.M.J. (2012a), *Discovering Complex System Dynamics with Intelligent Data Retrieval Tools*, [W:] Y. Zhang i in. (red.): *Sino-foreign-interchange workshop on Intelligent Science and Intelligent Data Engineering IScIDE 2011, Xi'an, China, Oct. 23-26, 2011*, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 7202, Springer, Berlin–Heidelberg, s. 614-626.
- Skulimowski, A.M.J. (2012b), *A foresight support system to manage knowledge on information society evolution*, [W:] K. Aberer, A. Flache, W. Jager, L. Liu, J. Tang, Ch. Guéret (red.), *Social Informatics: 4th International Conference, SocInfo 2012, Lausanne, Switzerland, Dec. 5–7, 2012: Proceedings*, Springer-Verlag, Berlin–Heidelberg, Lecture Notes in Computer Science 7710, s. 246–259.
- Skulimowski, A.M.J. (2014a), *Anticipatory Network Models of Multicriteria Decision-Making Processes*, Int. J. Systems Sci., 45(1), 39-59, DOI:10.1080/00207721.2012.670308.
- Skulimowski, A.M.J. (2014b), *Anticipatory networks and superanticipatory systems*, International Journal of Computing Anticipatory Systems, 30, 117–130. CASYS'11: 10th International Conference on Computing Anticipatory Systems: Liege, Belgium, August 8–13, 2011, Daniel M. Dubois (red.) Liege, CHAOS Centre for Hyperincursion and Anticipation in Ordered Systems. Institute of Mathematics. University of Liège.
- Skulimowski A.M.J. (2015), *Selected methods, applications, and challenges of multicriteria optimization*. Seria: Monografie, Komitet Automatyki i Robotyki Polskiej Akademii Nauk, Wydawnictwa AGH, Kraków, s. 380.
- Skulimowski, A.M.J. (red.) i in. (2013), *Scenariusze i trendy rozwojowe wybranych technologii społeczeństwa informacyjnego do roku 2025*, Projekt WND-POIG.01.01.01-00-021/09, Raport Końcowy. Fundacja Progress & Business, Kraków.
- Skulimowski, A.M.J., Cichy, B. (2010), *Znaczenie wiedzy eksperckiej w badaniach perspektyw wpływu na środowisko strumieni odpadów nieorganicznych do roku 2030*. Chemik: Nauka-Technika-Rynek 64(10), 23/675–28/680.
- Skulimowski, A.M.J., Cichy, B., Czerni, M. (2012), *Metody badań delfickich—ankieta delficka on-line*, [W:] B. Cichy (red.) *Odpady nieorganiczne przemysłu chemicznego – foresight technologiczny*, Projekt WND-POIG.01.01.01-00-009/09: raport końcowy. Instytut Nawozów Sztucznych. Oddział Chemii Nieorganicznej „IChN”, Instytut

- Ochrony Środowiska Państwowy Instytut Badawczy IOŚ – PIB, Fundacja Progress and Business, Gliwice, Warszawa, Kraków, s. 273–291.
- Skulimowski, A.M.J. (red.), Czerni, M., Kluz, D., Ligęza, A., Rotter, P., Szymłak, E., Tadeusiewicz, R. (2014), *Scenariusze i trendy rozwojowe wybranych technologii społeczeństwa informacyjnego. Rezultaty badań delfickich*. Wydawnictwo Naukowe Fundacji Progress & Business, Kraków, ISBN 978-83-939344-0-9, s. 258, e-book: www.ict.foresight.pl.
- Skulimowski, A.M.J., Pukocz, P. (2011), *Systemy wspomaganie decyzji strategicznych oparte na roadmappingu technologicznym*. PAR Pomiary Automatyka Robotyka, 15(12), 165–172.
- Tapio, P. (2003), *Disaggregative policy Delphi: using cluster analysis as a tool for systematic scenario formation*, Technological Forecasting and Social Change, 70(1), 83-101.
- von der Gracht, H.A. (2012), *Consensus measurement in Delphi studies: Review and implications for future quality assurance*, Technological Forecasting and Social Change 79(8), 1525-1536.
- von der Gracht, H.A., Bañuls, V.A., Turoff, M., Skulimowski, A.M.J., Gordon, T.J. (2015), *Foresight support systems: The future role of ICT for foresight*. Technological Forecasting and Social Change 92, 1-6, DOI: 10.1016/j.techfore.2014.08.010.
- Warth, J., von der Gracht, H.A., Darkow, I.-L. (2013), *A dissent-based approach for multi-stakeholder scenario development - The future of electric drive vehicles*, Technological Forecasting and Social Change 80(4), 566-583.
- Ziglio, E. (1996). *The Delphi method and its contribution to decision-making*. [W:] M. Adler,; E. Ziglio (red.), *Gazing into the oracle: The Delphi method and its application to social policy and public health*, Jessica Kingsley Publishers, London, Philadelphia, s. 3-33.

MULTIROUND EXPERT DELPHI AS A GROUP DECISION SUPPORT TOOL

Summary: This article presents a methodological overview of Delphi survey performed within the recent research project SCETIST, together with the statistical analysis methods applied to the quantitative results of the survey. Over 160 questions of the survey were devoted to future trends of expert and decision support systems, neurocognitive aspects of creativity, e-health, computer vision systems, as well as basic information and communication technologies (ICT). Global, EU, and Poland's macroeconomic trends relevant to the future of ICT sector were also investigated as well as the general ICT development trends. Based on the experience gained at SCETIST and other recent foresight projects, we have elaborated efficient and universal methods of designing and implementing industry-oriented multi-round surveys. The experts' responses are mostly quantitative, and refer either to market or technological parameters directly, or to probabilities of achieving them, with an option to using the Likert scales and binary decision trees. The design, monitoring and statistical analysis of Delphi surveys has been implemented as an expert system that can be offered in the 'software as a service' (SaaS) framework to enterprises that seek expert support in making decisions concerning technological strategies or investment plans. Advanced statistical methods allow a.o. to identify and investigate response clusters, correlation and causality analysis of technological trends, and scenario building. Further scientific discussion on the nature and consequences of the trends and scenarios derived from the Delphi survey performed within SCETIST are contained in a series of other papers devoted to the specific topics of the survey, some of them are cited in the bibliography.

Keywords: online Delphi survey, corporate foresight, multiround Delphi, statistical analysis, group decision support, strategic decision making, ICT foresight