

*Prof. dr hab. inż. Andrzej M.J. Skulimowski<sup>1</sup>*

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica  
Katedra Automatyki i Robotyki  
Fundacja Progress and Business w Krakowie  
International Centre for Decision Science and Forecasting

## **Perspektywy rozwoju wybranych technologii społeczeństwa informacyjnego do roku 2025**

### WPROWADZENIE

W odróżnieniu od klasycznego prognozowania, którego poszukiwanym rezultatem jest z reguły jeden, najbardziej prawdopodobny przebieg przyszłych zdarzeń, główną ideą i celem badań foresightowych (z ang. *foresight* – przewidywanie) jest stworzenie wielowariantowej wizji przyszłości, w której poszczególne scenariusze zależne są od różnorodnych, trudnych do prognozowania zmiennych decyzyjnych, takich jak decyzje społeczne i polityczne podejmowane w wyborach, przy stanowieniu prawa i w aktach wykonawczych, rozstrzygnięcia i interpretacje prawne, niespodziewane odkrycia naukowe, nieoczekiwane wynalazki, a także istotne decyzje gospodarcze lub społeczne podejmowane w oparciu o indywidualne preferencje kluczowych decydentów, por. np. [von der Gracht i in., 2015; [www.foresight.pl](http://www.foresight.pl)].

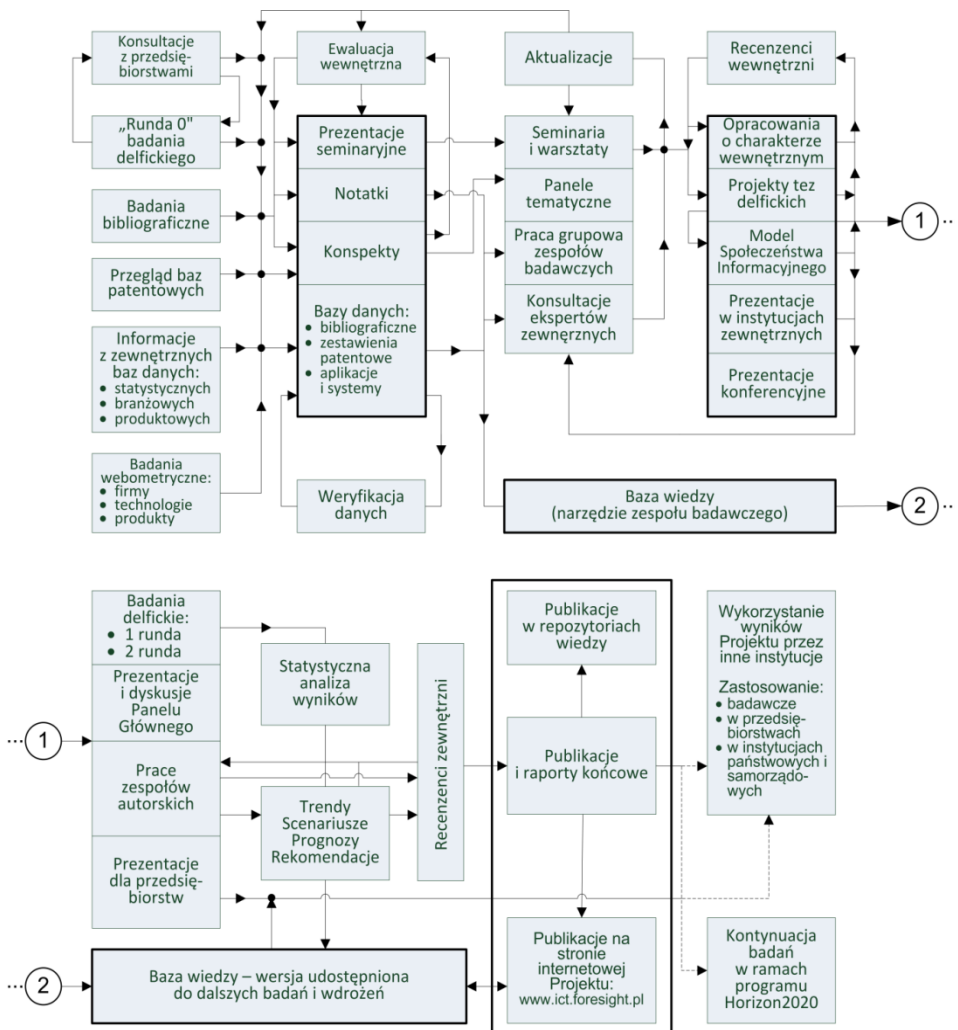
W latach 2008–2013 wiele krajowych instytucji zaangażowanych było w realizację projektów mających ustalić priorytety technologiczne oraz szanse, wyzwania i zagrożenia dla rozwoju wybranych sektorów gospodarki w oparciu o prognozy, badania trendów i scenariuszy oraz badania delfickie, w okresach prognostycznych zależnych od potrzeb poszczególnych obszarów technologicznych. Wśród badań realizowanych metodami foresightu, większość otrzymała dofinansowanie ze środków Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka (POIG) i innych programów operacyjnych. Niniejszy artykuł poświęcony jest skróconej prezentacji najważniejszych wyników projektu foresightowego pt. „Scenariusze i trendy rozwojowe wybranych technologii społeczeństwa informacyjnego do roku 2025” (akronim SCETIST) zrealizowanego przez konsorcjum w składzie

---

<sup>1</sup> Adres korespondencyjny: Fundacja Progress and Business, ul. Juliusza Lea 12B, 30-048 Kraków; e-mail: [ams@agh.edu.pl](mailto:ams@agh.edu.pl).

Fundacja Progress & Business w Krakowie (Lider Projektu), Instytut Informatyki Teoretycznej i Stosowanej Polskiej Akademii Nauk w Gliwicach oraz Uniwersytet Jagielloński [Skulimowski, 2013; Skulimowski i in., 2017].

W ramach projektu SCETIST wykonano m.in. analizę trendów technologicznych i społecznych oraz przegląd scenariuszy rozwojowych, które opracowane zostały w oparciu o analizę odpowiedzi ekspertów w badaniu delfickim, analizy bibliometryczne, patentometryczne i webometryczne (por. rys. 1).



**Rys. 1. Schemat realizacji projektu SCETIST. Elementy w wyróżnionych ramach oznaczają rezultaty Projektu**

Źródło: [Skulimowski i in., 2017].

Utworzona została także baza wiedzy oparta na ontologiach dziedzinowych [Hepp, 2006]. Na podstawie wyznaczonych trendów i scenariuszy dokonano priorytetyzacji technologii objętych badaniami Projektu z punktu widzenia ich potencjału rozwojowego oraz znaczenia gospodarczego i społecznego. Opracowany został również oryginalny, dostosowany do potrzeb Projektu, zestaw metod badań delfickich oraz analizy scenariuszowej opartej o scenariusze elementarne i sieci antycypacyjne [Skulimowski, 2014]. Wyniki zastosowania tych metod przedstawimy w kolejnych sekcjach niniejszego artykułu. Oprócz prezentacji trendów i scenariuszy technologiczno-społecznych oraz technologiczno-ekonomicznych, w końcowej części artykułu podamy również najważniejsze wnioski i rekomendacje wynikające z wykonanych badań oraz z ich dotychczasowych wdrożeń, por. także [Skulimowski, 2013; Skulimowski i in., 2017].

## REZULTATY WIELORUNDOWEGO BADANIA DELFICKIEGO

Jednym z głównych źródeł informacji niezbędnej do opracowania trendów i scenariuszy technologicznych, społecznych i ekonomicznych opisujących rozwój Społeczeństwa Informatycznego w Polsce do roku 2025 było badanie delfickie. W projekcie SCETIST badanie to realizowane było w trzech odrębnych polach badawczych, zwanych „Działami ankiety delfickiej”. W kolejnych działach badane były globalne trendy technologiczne i uwarunkowania ekonomiczne (Dział I), systemy eksperckie, wspomaganie decyzji, rekomendery oraz wybrane zagadnienia systemów neurokognitywnych i wizyjnych (Dział II) oraz informatyka kwantowa (Dział III). Działy podzielone były na pola badawcze, a te z kolei na tezy. Poszczególnym polom badawczym ankiety odpowiadały panele tematyczne ekspertów. Każde pytanie lub teza związane były z określonym trendem, zdarzeniem, priorytetem technologicznym lub inwestycyjnym, kierunkiem ekspansji rynkowej itp. W celu kompleksowego zbadania problemu opisanego w każdej z tez, eksperci projektu odpowiadali na kilka lub kilkanaście szczegółowych i częściowo standaryzowanych pytań, które dotyczyły m.in.:

- oczekiwanego czasu wdrożenia nowej technologii lub produktu, lub osiągnięcia przez nie określonego poziomu rozwoju,
- prawdopodobieństwa zajścia zdarzenia wyspecyfikowanego w pytaniu w roku 2025 i w innych standardowych horyzontach prognozowania,
- potencjalnych ograniczeń, barier i innych trudności, które mogą wystąpić przy wdrażaniu badanych technologii i produktów,
- społecznych i ekonomicznych skutków wdrożenia badanych technologii informatycznych.

Dział I zawierał łącznie 13 pytań w rundzie 1 oraz 18 pytań w rundzie 2, Dział II zawierał 166 pytań zgrupowanych w 14 tezach, natomiast Dział III – 27 pytań w 8 tezach. W obu ostatnich przypadkach liczba pytań w rundzie 2 nie uległa

zmianie. Eksperti mogli wybrać działy lub tezy, które odpowiadają ich kompetencjom i odpowiedzieć tylko na niektóre pytania. Eksperti mogą odpowiadać także na pytania, co do których mają wątpliwości, przypisując swoim odpowiedziom oceny stopnia pewności, które podczas analizy statystycznej przetwarzane były na współczynniki liczbowe od 0 („nie wiem”) do 1 („całkowita pewność”). Ponadto na podstawie samooceny ekspertów oraz kompletności i wiarygodności ich odpowiedzi, system zarządzania ankietami automatycznie dokonywał przypisania lub aktualizacji współczynników zaufania do ocen poszczególnych respondentów. Współczynniki te przetwarzane były anonimowo.

Wybór trendów i ich wskaźników ilościowych opracowanych na podstawie badania delfickiego projektu SCETIST przedstawiono w tabeli 1.

**Tabela 1. Wartości wybranych wskaźników rozwoju technologii społeczeństwa informacyjnego w obszarze Systemów Wspomagania Decyzji (SWD)**

Lp.	Nazwa wskaźnika	Typ	Nr pytania	Wartość w roku 2025	Odchylenie standardowe
1	2	3	4	5	6
1	Skumulowany procentowy wzrost liczby użytkowników SWD na świecie w stosunku do 2012	S	1.3	169,9%	32,7%
2	Skumulowany wzrost przychodów operatorów SWD na świecie w cenach stałych (2012=100%)	R	2.1	164,0%	32,1%
3	Udział przychodów operatorów SWD w łącznych przychodach sektora ICT w % (świat)	R	2.2	23,5%	12,3%
4	Skumulowany wzrost środków na badania związane z rozwojem SWD na świecie (2012=100%)	T	2.3	137,5%	24,5%
5	Skumulowany wzrost przychodów producentów i operatorów SWD w Polsce (2012=100%)	R	3.1	134,0%	14,9%
6	Udział przychodów operatorów SWD w łącznych przychodach branży ICT w % w Polsce	R	3.2	19,9%	13,0%
7	Prognoza wzrostu udziału przychodów operatorów SWD w łącznych przychodach branży ICT w % w Polsce (2015=100%)	R	3.2	209,8%	69,0%
8	Skumulowany wzrost środków na badania związane z rozwojem SWD w Polsce (2012=100%)	T	3.3	19,80%	11,2%
9	Dynamika udziału SWD w rynku ICT w Polsce – zastosowania biznesowe (2015=100%)	R	3.4a,c,g	106,6%	6,1%

1	2	3	4	5	6
10	Dynamika udziału SWD w rynku ICT w Polsce – zastosowania w administracji i sektorze publicznym (2015=100%)	R	3.4b,f	111,2%	7,0%
11	Dynamika udziału SWD w rynku ICT w Polsce – zastosowania medyczne (2015=100%)	R	3.4d	124,9%	8,2%
12	Dynamika udziału SWD w rynku ICT w Polsce – zastosowania w finansach (2015=100%)	R	3.4e	101,0%	3,1%
13	Udział użytkowników telefonii mobilnej korzystających z mobilnych SWD w Polsce (w%)	S	8.3	27,5%	20,5%
14	Przychody producentów medycznych SWD i operatorów mobilnych SWD	R	9.7	54,9%	18,3%

Typy wskaźników: S – społeczny, R – rynkowy, T – technologiczny

Źródło: opracowanie własne.

Idea badania delfickiego polega na tym, że w kolejnej rundzie respondent może podtrzymać swoją opinię lub zmienić ją pod wpływem opinii innych ekspertów [Hasson i Keeney, 2011]. W związku z tym w trakcie kolejnej rundy respondentom prezentowana była zbiorcza analiza odpowiedzi wszystkich respondentów na pytania poprzedniej rundy oraz podana wtedy odpowiedź własna. Dzięki takiemu trybowi badania wartości liczbowe i opinie zawarte w odpowiedziach na pytania ankiety powinny zmierzać albo do konsensusu [von der Gracht, 2012], albo też powinny utworzyć się stabilne warianty tych wartości stanowiące następnie podstawę do opracowania scenariuszy. Ze względu na ten sam zbiór informacji pochodzących z rund poprzednich, a branych pod uwagę przez respondentów kolejnej rundy, łatwiej wykazać racjonalność analizy wielorundowej [Skulimowski i Kluz, 2016], niż tzw. *real-time Delphi* [Gnatzy i in., 2011], gdzie zbiór ten ulega zmianie po każdej odpowiedzi.

Informacje eksperckie zawarte w odpowiedziach na odpowiednio sformułowane pytania ankiety delfickiej mogą stanowić ważny czynnik zwiększający konkurencyjność przedsiębiorstw. Analiza danych dotyczących przyszłych trendów technologiczne może być szczególnie przydatna dla innowacyjnych przedsiębiorstw planujących inwestycje technologiczne [por. Okoń-Horodyńska, Skulimowski, 2010] lub wprowadzanie nowych produktów na rynek [Skulimowski, 2009; Skulimowski i Pukocz, 2011]. Wyznaczane w ten sposób mogą być również prognozy globalnych wskaźników technologicznych i makroekonomicznych, istotnych dla przedsiębiorstw sektora ICT, takich jak np. globalna liczba użytkowników poszczególnych produktów lub technologii, transmisja danych, ilość zainstalowanych serwerów webowych itp. Tym samym wyniki badań delfickich mogą być jednym z ważnych elementów składowych bazy wiedzy przedsiębiorstwa [Skulimowski, 2012b] koniecznej do planowania strategicznego. W szcze-

gólności, narzędzia informatyczne zastosowane w projekcie SCETIST umożliwiły fuzję heterogenicznych danych, statystyczną analizę trendów i konstrukcję scenariuszy elementarnych. Na tej podstawie utworzono scenariusze deskryptywne opisujące najważniejsze warianty ewolucji badanych technologii i rozwoju sektora ICT [por. Börjeson i in., 2006].

Schemat organizacyjny badania delfickiego, w którym zamawiający badanie korzysta ze specjalistycznego oprogramowania, wiedzy i doświadczenia organizacji naukowej lub doradczej udostępniającej platformę informatyczną badania jako usługę przedstawiony jest w artykule [Skulimowski i Kluz, 2016]. Zgodnie z tym schematem przedsiębiorca nie musi podejmować się samodzielnej organizacji badania, lecz cały proces badawczy, obejmujący pomoc doradcą przy formułowaniu problemów przedstawianych ekspertom, rekrutację ustalonej liczby ekspertów, monitoring badania, analizę statystyczną i merytoryczną jego wyników oraz opracowanie rekomendacji końcowych, jest realizowany jako usługa typu SaaS (*Software as a Service*) przez wyspecjalizowaną instytucję, por. np. [www.foresight.pl](http://www.foresight.pl). Główna zasada takiego badania polega na tym, że system informatyczny zawierający procedury analityczne znajduje się na serwerze instytucji wykonującej badanie, a wrażliwe dane dotyczące rozwoju przedsiębiorstwa są przechowywane lokalnie. 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 [Skulimowski, 2012a, b].

Dalsze informacje na temat metodyki badań delfickich zawiera klasyczna monografia [Linstone i Turoff, 1975; wyd. elektr. 2002] oraz m.in. [Rowe i Wright, 1999; Gnatzy i in., 2011], a praktyczne wskazówki odnośnie do zastosowań i implementacji ankiet online znaleźć można na portalu [www.foresight.pl](http://www.foresight.pl).

## SCENARIUSZE ROZWOJU TECHNOLOGII SPOŁECZEŃSTWA INFORMACYJNEGO

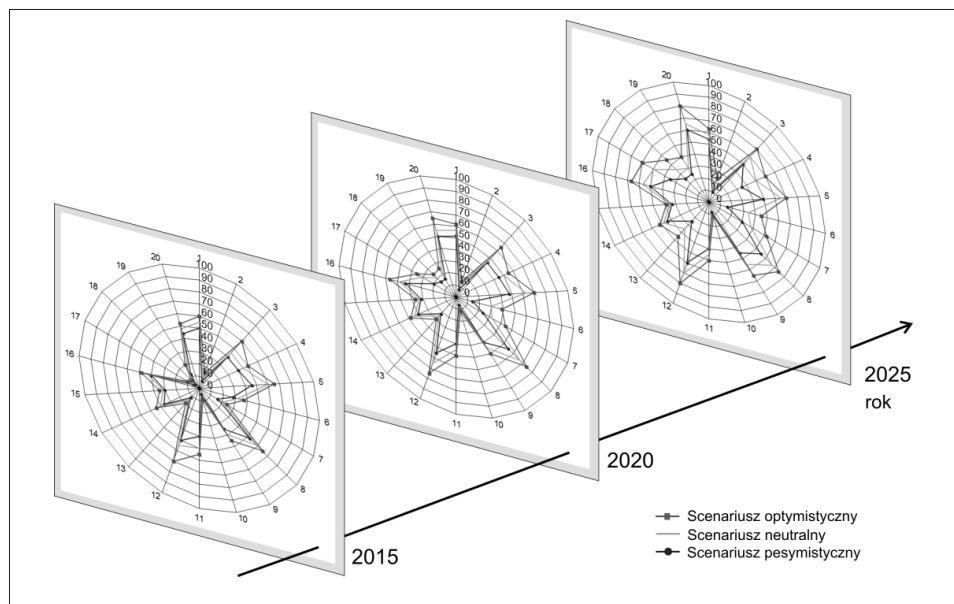
W ramach projektu SCETIST opracowano metodę filtracji scenariuszy elementarnych odpowiadających racjonalnym i optymalnym w sensie Pareto sekwencjom przyszłych antycypowanych decyzji. Metoda ta stanowi oryginalny wkład do metodologii foresightu [Skulimowski, 2014] i jest obecnie wdrażana – w kilku międzynarodowych projektach badawczych, m.in. w projekcie „MOVING” programu Horizon 2020 [Projekt „MOVING”], podobnie zresztą jak wiele innych rezultatów projektu SCETIST. Pierwszym etapem procedury jest analiza scenariuszy elementarnych otrzymywanych jako wynik analizy trendów. Na tej podstawie utworzona została metodami filtracji i klasteryzacji (*k-means*) określona z góry liczba scenariuszy głównych [Tapio, 2003; Ji i in., 2006]. W celu ujednoczenia prezentacji scenariuszy z różnych dziedzin technologicznych, za standardową liczbę scenariuszy głównych przyjęto  $k=3$ . Ujednoczona została tak-

że stosowana terminologia, przy czym jeden ze scenariuszy nosi nazwę głównego, najbardziej prawdopodobnego lub neutralnego, a pozostałe dwa nazywane są scenariuszami optymistycznym i pesymistycznym.

Opracowane scenariusze można podzielić na następujące grupy:

1. Scenariusze procesów ekonomiczno-społecznych [Okoń-Horodyńska, Wiśła, Sierotowicz, 2011] oraz podstawowych aplikacji, produktów i wybranych technologii społeczeństwa informacyjnego zorientowanych na użytkownika końcowego, takich jak *m-health*, *e-learning* (por. [Webster, 2006]).
2. Scenariusze rozwoju technologicznego i perspektyw rynkowych zaawansowanego oprogramowania dla przedsiębiorstw, w tym zwłaszcza systemów wspomagania decyzji, systemów eksperckich i oprogramowania opartego o CMS open-source.
3. Scenariusze rozwoju naukowo-technologicznego i implikacji społecznych dalszego upowszechnienia systemów neurokognitywnych i wizyjnych oraz powiązane z nimi scenariusze rozwoju systemów autonomicznych opartych o metody sztucznej inteligencji.
4. Scenariusze rozwoju informatyki kwantowej i molekularnej [Winiarczyk i in., 2013].

Na rys. 2 zilustrowano wyniki symulacji 20 wybranych wskaźników społeczeństwa informacyjnego podanych w tabeli 2.



**Rys. 2. Wizualizacja 20 wybranych wskaźników trzech scenariuszy rozwoju społeczeństwa informacyjnego w Polsce**

Źródło: opracowanie własne wyników badań projektu SCETIST [Skulimowski, 2013; rozdz. 15].

Definicje wskaźników umieszczonych na kolejnych osiach (1–20) powyższego diagramu podane są w tabeli 2. Diagram używa skali znormalizowanych do maksymalnej wartości 100 na każdej z osi, pomimo że zakres niektórych wskaźników może być odmienny. Zakresy te – odpowiadające znormalizowanej wartości 100 na osiach diagramu – podane są w trzeciej kolumnie tabeli 2.

**Tabela 2. Definicje i skale wskaźników umieszczonych na osiach (1–20) na rys. 2**

Nr osi/ wskaź- nika	Opis wskaźnika	Zakres skali osi
1	Osoby aktywne zawodowo w całej populacji w %	100
2	Skumulowany wzrost rynku SWD w % (od roku 2012=100%)	300
3	Udział dorosłych obywateli posiadających podstawowe umiejętności w zakresie IT (w %)	100
4	Liczba studentów wśród wszystkich absolwentów szkół średnich (w %)	100
5	Liczba przedsiębiorstw na 1000 osób	200
6	Średni wzrost PKB z ostatnich 5 lat	10
7	Udział sektora ICT w PKB (w %)	50
8	PKB Polski w % średniego PKB w UE-15	100
9	Indeks e-commerce (w % osób, które samodzielnie dokonały przynajmniej trzech transakcji internetowych w roku)	100
10	Skumulowany wzrost rynku systemów wizyjnych (w %)	300
11	Ocena wpływu legislacji na rozwój sektora ICT	100
12	Dostęp do Internetu szerokopasmowego (w %)	100
13	Indeks e-learningu	100
14	Roczna liczba absolwentów informatyki i kierunków pokrewnych (w tys.)	50
15	Wydatki na B+R (w % PKB)	3
16	Globalna wartość rynku oprogramowania (2011r.=100%)	300
17	Względny bilans migracji specjalistów ICT (przyjazdy/wyjazdy)	2
18	Indeks e-health	100
19	Indeks e-government	100
20	Liczba smartfonów przypadająca na 100 osób	100

Źródło: opracowanie własne wyników badań projektu SCETIST [Skulimowski, 2013; rozdz.15].

Zilustrowane na rys. 3 wartości wskaźników 1–20 otrzymane w wyniku obliczeń symulacyjnych dla wszystkich trzech scenariuszy i zweryfikowane podczas dyskusji panelowych podane są w [Skulimowski, 2013; rozdz. 15]. Analiza diagramu wskazuje, że najszybszy wzrost względny do roku 2025 prognozowany jest w zakresie wskaźników i numerach 2, 7, 9, 13, 17, 18, 19, 20 przy jednoczesnym umiarkowanym (<20%) przyroście wskaźników 1, 5, 8, 11, 12, 14, 15.



Wśród scenariuszy rozwoju technologicznego i perspektyw rynkowych szczególnie istotny dla polskich firm z dziedziny robotyki jest silny wzrost rynku i szybki rozwój technologiczny systemów podejmujących autonomicznie decyzje. W ramach projektu SCETIST sformułowano definicje 3 poziomów autonomii i kreatywności decyzji, które pozwalają na klasyfikację oprogramowania typu SWD dla takich systemów [Skulimowski, 2011] oraz systemów rekomendujących, dla których również prognozowany jest wzrost poziomu autonomii. Analiza trajektorii technologicznych i zapotrzebowanie na SWD przeznaczonych do zastosowań w systemach zarządzania kryzysowego i strategicznego wskazuje na potrzebę rozwoju oprogramowania tej klasy. Jako szczególnie perspektywiczny wskazany został również rozwój systemów oprogramowania dla grupowego wspomaganie i podejmowania decyzji, w tym systemów mobilnych.

Innym ważnym wynikiem jest wskazanie na przyjęcie przez polskie małe i średnie firmy jako tzw. technologii załączkowej z zakresu ICT (*seed technology* – pojęcie wprowadzone i zbadane w ramach projektu SCETIST, por. [Skulimowski, Badecka, 2016] technologii portali webowych CMS (*Content Management Systems*). Stwarza to odmienne od oczekiwań części branży ICT perspektywy rozwoju systemów informacyjnych przedsiębiorstw, w tym oprogramowania klasy ERP (*Enterprise Resource Planning*). Wyniki te zastosowane zostały zarówno do konstrukcji ogólnych scenariuszy rozwoju społeczeństwa informacyjnego w Polsce, jak i szczegółowych scenariuszy dotyczących zależności pomiędzy rozwojem oprogramowania eksperckiego, a Internetu i innych informatycznych technologii podstawowych. Dla przykładu, w scenariuszu „Internet dostawcy”, zakładającym większy udział usług płatnych oraz przewagę reklamy nad dostarczaniem informacji zobiektywizowanej, przyjęto, że rozwój mobilnych SWD będzie wolniejszy ze względu na brak akceptacji dla płatności za tego typu usługi. Jednocześnie nastąpi większa dywersyfikacja tematyczna SWD, z przewagą systemów tworzonych w ramach zamówień publicznych oraz systemów implementowanych jako moduły w systemach klasy ERP.

## DYSKUSJA I REKOMENDACJE DLA DECYDENTÓW

Przeprowadzone badania wskazują, że w perspektywie roku 2025 zmianom mogą ulec niektóre sposoby korzystania z technik informacyjnych, zarówno do celów zawodowych, jak i prywatnych. W szczególności, wyniki analizy trendów technologicznych w zakresie systemów wspomaganie decyzji i rekomenderów wskazują na potrzebę powstania i powszechnego zastosowania Elektronicznego Rekordu Preferencji (EPR, na wzór *Electronic Health Record*), który umożliwił będzie selekcję ofert i informacji dostarczanych przez systemy chmurowe. Selekcja ta będzie mogła być oparta na preferencjach użytkownika, a nie – jak do tej pory – na wskazaniach systemu optymalizującego własne cele, np. sprzedażowe, lub cele

innych użytkowników. Ponadto upowszechnieniu ulegną urządzenia obliczeniowe i komunikacyjne wbudowane w okulary, opaski itp., w tym także systemy wykorzystujące interfejsy mózg-urządzenie (BCI, *Brain-Computer Interface*) oraz udostępniające funkcjonalności tzw. rozszerzonej (*augmented*) lub wirtualnej rzeczywistości (AR/VR), np. poprzez wbudowane systemy detekcji promieniowania w widmie szerszym niż widzialne i łączące ten zakres z sygnałami wuzyjnymi przekazywanymi w paśmie widzialnym metodami fuzji informacji. Nałożone na siebie sygnały będą mogły być następnie rzutowane na siatkówkę oka lub nawet przekazywane bezpośrednio do mózgu za pomocą przyszłych zaawansowanych nieinwazyjnych dwukierunkowych urządzeń typu BCI.

Urządzenia noszone przez użytkowników (*wearable computing*) będą mogły komunikować się i współpracować z innymi urządzeniami będącymi elementami tzw. Internetu rzeczy. Z opinii większości ekspertów projektu SCETIST wynika, że rozwój tej technologii będzie znacznie szybszy w zastosowaniach profesjonalnych, np. w procesach produkcji, niż dla celów prywatnych.

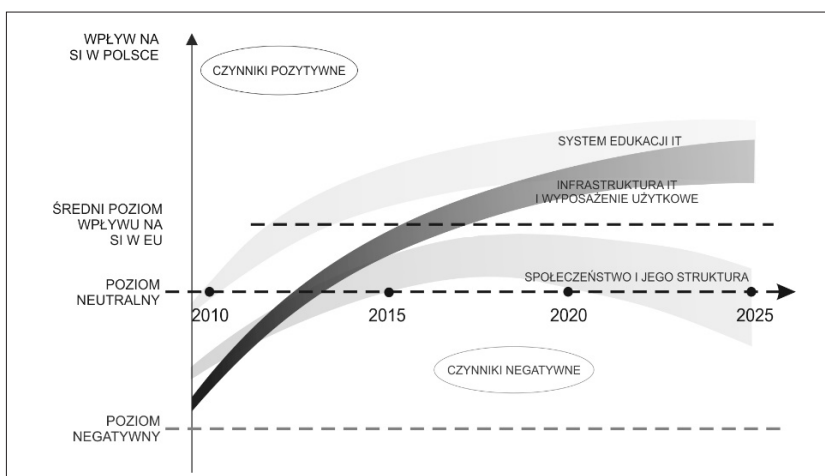
Badania biblio-, webo- i patentometryczne prowadzone w ramach niniejszego Projektu potwierdziły zwiększające się znaczenie analityki predykcyjnej (*predictive analytics*) i intensywność badań naukowych i prac wdrożeniowych w tym zakresie. Głównym zastosowaniem systemów opartych o analitykę predykcyjną będzie nadal pozyskiwanie i przetwarzanie informacji o trendach rynkowych, konkurencji i szansach rozwojowych dla celów planowania strategicznego. Istotne będą także zastosowania związane z zagadnieniami bezpieczeństwa, w tym wykrywanie i predykcja zachowań i sytuacji niebezpiecznych, wykorzystujące metody analizy dużej ilości danych, tzw. *Big Data*.

Nowe trendy rozwojowe inteligentnego oprogramowania w perspektywie roku 2025 i później decydować będą o konkurencyjności produktów i usług polskich firm software'owych. Trendem takim jest m.in. wzrost znaczenia systemów wspomagania kreatywności i zarządzania kreatywnością, również w kontekście wykorzystania możliwości druku 3D. Wzrastać będzie znaczenie wspomnianej już wyżej analityki predykcyjnej, metod zarządzania zaufaniem w systemach informatycznych oraz zintegrowanych w skali globalnej baz wiedzy wykorzystujących inteligentne i w coraz większej mierze autonomiczne sposoby wyszukiwania, selekcji i prezentacji znalezionej informacji. Ogólny trend polegający na wbudowaniu cech kognitywnych do oprogramowania dialogowego będzie wzmocniony przez nowe możliwości, które dają pomiar kreatywności użytkownika oprogramowania oraz jej stymulacja oparta na sprzężeniu zwrotnym. Trend ten jest już widoczny w przypadku oprogramowania wspomagającego proces projektowania, a także w implementacjach systemów wspomagających decyzje grupowe i pracę grupową, systemów e-zdrowia, oraz systemów programowanego uczenia się. Towarzyszy mu trend intensyfikacji badań nad kreatywnością, zwłaszcza obliczeniową (*digital creativity, artificial creativity*) i związany z nim wzrost nakładów na te badania w krajach OECD.

Szybciej niż ogół wydatków na technologie informatyczne i ich rozwój wzrastać będą wydatki na bezpieczeństwo systemów informatycznych, we wszystkich jego aspektach (badania, implementacja w oferowanych systemach, oprogramowanie zwiększające bezpieczeństwo istniejących systemów). W związku z tym prace badawcze i rozwojowe z tego zakresu powinny być traktowane priorytetowo w krajowych i regionalnych programach wspierania badań naukowych i usług proinnowacyjnych.

Biorąc pod uwagę duże zainteresowanie interfejsami neurokognitywnymi mózg-komputer ze strony przedsiębiorstw produkujących urządzenia terapeutyczno-rehabilitacyjne i diagnostyczne oraz zapotrzebowanie na takie urządzenia do celów sterowania gramii, celowa jest także intensyfikacja wspierania badań w tym zakresie. Kolejną szansą rozwojową dla polskich firm informatycznych jest udział w rozwoju i produkcji systemów robotyki dla górnictwa, robotów rehabilitacyjnych, a także systemów wizyjnych i pozostałych sensorów dla robotyki oraz rozwoju autonomicznych systemów decyzyjnych. Także i w tych przypadkach łączne zastosowanie inteligentnych algorytmów decyzyjnych umożliwiających autonomiczne podejmowanie decyzji oraz interfejsów neurokognitywnych może być czynnikiem krytycznym, decydującym o konkurencyjności zaawansowanych systemów robotyki w perspektywie roku 2025.

Rezultaty analizy delfickiej, 11 dyskusji panelowych oraz badań biblio-, patento- i webometrycznych [Wiśła, 2013] przeprowadzonych w ramach projektu SCETIST pozwoliły na identyfikację grup czynników mających pozytywny, neutralny lub negatywny wpływ na rozwój społeczeństwa informacyjnego w Polsce. Wyniki te podsumowane zostały graficznie na rys. 3.



**Rys. 3. Wyniki analizy wpływu wybranych prognozowanych czynników społecznych i infrastrukturalnych na społeczeństwo informacyjne w Polsce**

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań projektu SCETIST.

Po zakończeniu realizacji ww. projektu opracowane zostały dalsze rekomendacje szczegółowe dostosowane do potrzeb przedsiębiorstw i instytucji zainteresowanych wdrożeniem wyników foresightu zaawansowanych technologii informatycznych. Rekomendacje takie zawarte zostały także w dokumentach strategicznych opracowanych dla platform technologicznych i instytucji samorządowych, m.in. dotyczących uszczegółowienia inteligentnych specjalizacji z zakresu technologii informacyjnych i komunikacyjnych dla województwa małopolskiego.

### UWAGI KOŃCOWE

Artykuł zawiera wybrane rezultaty projektu „Scenariusze i trendy rozwojowe wybranych technologii społeczeństwa informacyjnego do roku 2025” (akronim SCETIST), nr WND-POIG.01.01.01-00-021/09, dofinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego na lata 2007–2013 w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka, Poddziałanie 1.1.1 „Projekty badawcze z wykorzystaniem metody foresight” oraz następującego po nim programu wdrażania rezultatów projektu SCETIST w instytucjach publicznych i przedsiębiorstwach (2013–2016) zrealizowanego jako komponent Programu Badań Własnych Centrum Nauk o Decyzji i Prognozowania Fundacji Progress & Business w Krakowie na lata 2013–2016, nr PB-PBF/002/2013. Więcej informacji o ww. projekcie, dalsze scenariusze, wnioski i rekomendacje, opracowania metodologiczne znaleźć można w szczegółowych opracowaniach tematycznych z wszystkich dziedzin objętych badaniami, które można pobrać ze strony [www.ict foresight.pl](http://www.ict foresight.pl), natomiast wskazówki dotyczące możliwości wdrożenia rezultatów projektu znajdują się także na portalach [www.foresight.pl](http://www.foresight.pl) i [www.roadmapping.pl](http://www.roadmapping.pl). Wyniki dalszych badań prowadzonych w oparciu o metodykę i wyniki projektu SCETIST przedstawiono w monografii [Skulimowski i in., 2017] oraz w wybranych raportach i publikacjach cytowanego niżej projektu Horizon 2020 o akronimie MOVING [Projekt „MOVING”].

### BIBLIOGRAFIA

- Börjeson L., Höjer M., Dreborg K., Ekvall T., Finnveden G., 2006, *Scenario types and techniques: towards a user's guide*, *Futures*, 38(7), s. 723–739.
- 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), s. 1681–1694.
- Hasson F., Keeney S., 2011, *Enhancing rigour in the Delphi technique research*, „Technological Forecasting and Social Change”, 78(9), s.1695–1704.

- Hepp, M., 2006, *Products and Services Ontologies: A Methodology for Deriving OWL Ontologies from Industrial Categorization Standards*, „International Journal on Semantic Web and Information Systems”, 1(2), s. 72–99.
- Ji X.D., Zhao X.J., Chao X.L., 2006, *A novel method for multistage scenario generation based on cluster analysis*, „International Journal on Information Technology and Decision Making”, 5, s. 513–530, <https://doi.org/10.1142/S0219622006002106>.
- Linstone H.A., Turoff M. (red.), 1975, *The Delphi Method. Techniques and Applications*. Electronic version © Harold A. Linstone, Murray Turoff, 2002, s. 616.
- Okoń-Horodyńska E., Skulimowski A.M.J., 2010, *Wykorzystanie rezultatów badawczych foresightu przy wspomaganiu decyzji strategicznych w przedsiębiorstwach*, „Chemik – Nauka – Technika – Rynek”, 64(6), s. 440–450.
- Okoń-Horodyńska E., Wisła R., Sierotowicz T., 2011, *Evaluation of the Development Potential of the Information Society in European Union Countries on the Basis of Patent Activity in the ICT Sector*, *Transformations in Business and Economics*, 10(2A), art. 23A, s. 452–462.
- Projekt „MOVING”, „*Training towards a society of data-savvy information professionals to enable open leadership innovation*”, Horizon 2020 grant agreement No. 693092, [www.moving-project.eu](http://www.moving-project.eu) (dostęp: 01.06.2017)
- Rowe, G., Wright, G., 1999, *The Delphi technique as a forecasting tool: issues and analysis*, „International Journal of Forecasting”, 15(4), s. 353–375.
- Skulimowski A.M.J., 2009, *Metody roadmappingu i foresightu technologicznego*, „Chemik – Nauka – Technika – Rynek”, 42(5), s. 197–204.
- Skulimowski A.M.J., 2011, *Freedom of choice and creativity in multicriteria decision making [w:] Knowledge, Information, and Creativity Support Systems: 5th international conference*, red. T. Theeramunkong i in., KICSS 2010: Chiang Mai, Thailand, November 25–27, 2010: revised selected papers, *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, 6746, s. 190–203, Springer-Verlag, [https://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-24788-0\\_18](https://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-24788-0_18).
- Skulimowski A.M.J., 2012a, *Discovering Complex System Dynamics with Intelligent Data Retrieval Tools [w:] Sino-foreign-interchange workshop on Intelligent Science and Intelligent Data Engineering IScIDE 2011*, red. Y. Zhang i in., Xi’an, China, Oct. 23–26, 2011, *Lecture Notes in Computer Science*, 7202, s. 614–626, Springer, [https://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-31919-8\\_78](https://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-31919-8_78).
- Skulimowski A.M.J., 2012b, *A foresight support system to manage knowledge on information society evolution [w:] Social Informatics: 4th International Conference, SocInfo 2012*, red. K. Aberer, A. Flache, W. Jager, L. Liu, J. Tang, Ch. Guéret, Lausanne, Switzerland, Dec. 5–7, 2012: Proceedings, Springer-Verlag, *Lecture Notes in Computer Science*, 7710, s. 246–259, [https://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-35386-4\\_19](https://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-35386-4_19).
- Skulimowski A.M.J., 2014, *Anticipatory Network Models of Multicriteria Decision-Making Processes*, „International Journal of Systems Science”, 45(1), s. 39–59, <https://dx.doi.org/10.1080/00207721.2012.670308>.
- Skulimowski A.M.J., Badecka I., 2016, *Software Innovation Dynamics in CMSs and Its Impact on Enterprise Information Systems Development [w:] Research and Practical Issues of Enterprise Information Systems*, red. A. Tjoa, L. Xu, M. Raffai, N. Novak, *CONFENIS 2016*. Springer-Verlag, *Lecture Notes in Business Information Processing*, 268, s. 309–324, [https://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-49944-4\\_23](https://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-49944-4_23).

- Skulimowski A.M.J., Badecka I., Czerni M., Klamka J., Kluz D., Ligęza A., Okoń-Horodyńska E., Pukocz P., Rotter P., Tadeusiewicz R., Wiśła R., 2017, *Trendy i scenariusze wybranych technologii społeczeństwa informacyjnego*. Seria: Problemy Nauk o Decyzji i Prognozowania, t. 1, Wydawnictwo Naukowe Fundacji Progress & Business, Kraków, s. 648.
- Skulimowski A.M.J., Kluz D., 2016, *Wielorundowa analiza delficka jako narzędzie grupowego wspomaganie decyzji* [w:] *Analiza i wspomaganie decyzji w praktyce gospodarczej*, red. T., Trzaskalik, Seria: *Informatyka w badaniach operacyjnych*, Wyd. Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, Katowice, s. 70–97.
- Skulimowski A.M.J., Pukocz P., 2011, *Systemy wspomaganie decyzji strategicznych oparte na roadmappingu technologicznym*. PAR Pomiary Automatyka Robotyka, 15(12), s. 165–172.
- Skulimowski A.M.J. (red.), 2013, *Scenariusze i trendy rozwojowe wybranych technologii społeczeństwa informacyjnego do roku 2025*, Raport Końcowy, Projekt WND-POIG.01.01.01-00-021/09. Wydawnictwo Naukowe Fundacji Progress & Business, Kraków, ([www.ict foresight.pl](http://www.ict foresight.pl)).
- Tapio P., 2003, *Disaggregative policy Delphi: using cluster analysis as a tool for systematic scenario formation*, „Technological Forecasting and Social Change”, 70(1), s. 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), s. 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, s. 1–6, <http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2014.08.010>.
- Webster F., 2006, *Theories of the Information Society*, 3rd Ed., London, Routledge.
- Winiarczyk R., Gawron P., Miszczak J.A., Paweła Ł., Puchała Z., 2013, *Analysis of patent activity in the field of quantum information processing*, „International Journal of Quantum Information”, 11, art. nr 1350007.
- Wiśła R., 2013, *Ochrona patentowa technologii społeczeństwa informacyjnego – analiza porównawcza do roku 2025* [w:] *Scenariusze i trendy rozwojowe wybranych technologii społeczeństwa informacyjnego do roku 2025*, red. A.M.J. Skulimowski, Raport Końcowy, Projekt WND-POIG.01.01.01-00-021/09. Wydawnictwo Naukowe Fundacji Progress & Business, Kraków, s. 525–541 ([www.ict foresight.pl](http://www.ict foresight.pl), dostęp: 01.06.2017 r.).

### Streszczenie

W artykule przedstawiono wybrane wyniki i metody projektu foresightowego pt. „Scenariusze i trendy rozwojowe wybranych technologii społeczeństwa informacyjnego do roku 2025” (akronim SCETIST) zrealizowanego w latach 2010–2013 przez konsorcjum w składzie Fundacja Progress & Business w Krakowie (Lider Projektu), Instytut Informatyki Teoretycznej i Stosowanej PAN w Gliwicach, Uniwersytet Jagielloński, oraz programu wdrażania jego rezultatów w instytucjach publicznych i przedsiębiorstwach (2013–2016). W ramach projektu wykonano m.in. analizę trendów technologicznych i społecznych oraz scenariuszy rozwojowych. Zostały one opracowane

m.in. w oparciu o odpowiedzi ekspertów w badaniu delfickim, analizy bibliometryczne, patentometryczne i webometryczne. Na potrzeby projektu SCETIST opracowano zestaw metod analizy scenariuszowej wykorzystujących tzw. scenariusze elementarne i sieci antycypacyjne, które pozwoliły na utworzenie scenariuszy głównych dla każdej analizowanej technologii oraz dla procesów ekonomiczno-społecznych społeczeństwa informacyjnego. Są to m.in. scenariusze podstawowych aplikacji, produktów i wybranych technologii zorientowanych na użytkownika końcowego, takich jak m-health („mobilne zdrowie”), czy e-learning, scenariusze rozwoju technologicznego i perspektyw rynkowych zaawansowanego oprogramowania dla przedsiębiorstw, w tym zwłaszcza systemów wspomagania decyzji (SWD), rekomenderów i aplikacji webowych klasy ERP działających w tzw. chmurze. Opracowano także scenariusze rozwoju naukowo-technologicznego i implikacji społecznych systemów neurokognitywnych i wizyjnych, powiązane z nimi scenariusze rozwoju systemów autonomicznych opartych o metody sztucznej inteligencji oraz scenariusze rozwoju informatyki kwantowej. W artykule przedstawiono również innowacyjną metodykę wielorundowych badań delfickich online oraz podano najważniejsze wnioski i rekomendacje wpływające z wykonanych badań i ich dotychczasowych wdrożeń. Więcej informacji o projekcie SCETIST można znaleźć w szczegółowych opracowaniach tematycznych na stronie [www.ict.foresight.pl](http://www.ict.foresight.pl).

*Słowa kluczowe:* społeczeństwo informacyjne, foresight technologiczny, badania delfickie online, analiza scenariuszowa, grupowe wspomaganie decyzji

## **Development prospects of selected information society technologies until 2025**

### *Summary*

This paper presents selected results and the methodology of the foresight project SCETIST (2010–2013) devoted to the future prospects of selected information society technologies (IST) as well as to the related social and economic trends. The project has been conducted by the consortium of three partners: the Progress & Business Foundation (project leader), Jagiellonian University, Kraków, and the Institute of Theoretical and Applied Computer Science of the Polish Academy of Sciences, Gliwice. The real-life implementation of the project results is outlined as well. Technological trends and scenarios have been elicited using a novel online expert Delphi. Another web-based application supported group information society model building and applying it to IST trend simulation. The resulting model was a hybrid discrete-time/discrete-event control system. The scenarios construction was based on an original approach of elementary scenarios filtering by anticipatory networks to yield a small set of principal scenarios for each technology and social process concerned. In this paper we present trends and scenarios of end-user information technologies, such as decision support and recommendation systems, cloud-based ERP systems, m-health, e-learning, and other. The development scenarios and expected social impact of advanced neurocognitive and vision systems as well as of their deployment in artificial autonomous systems are briefly outlined. The final section presents conclusions and recommendations to the policy makers and enterprises. More information about the outcomes of the project can be found at the website [www.ict.foresight.pl](http://www.ict.foresight.pl).

*Keywords:* Information Society, Technological Foresight, Online Delphi, Scenarios, Group Decision Support

JEL: O330, C510, C530, C540