

Krzysztof Klincewicz
Arkadiusz Manikowski

Ocena, rankingowanie i selekcja technologii



Wydawnictwo Naukowe
Wydziału Zarządzania
Uniwersytetu Warszawskiego



OCENA,
RANKINGOWANIE
I SELEKCJA TECHNOLOGII

OCENA, RANKINGOWANIE I SELEKCJA TECHNOLOGII

Krzysztof Klincewicz
Arkadiusz Manikowski



Wydawnictwo Naukowe
Wydziału Zarządzania
Uniwersytetu Warszawskiego

Warszawa 2013



Recenzja naukowa: prof. dr hab. Lidia Białoń

Redakcja: Anna Goryńska

Projekt okładki: Agnieszka Miłaszewicz

© Copyright by Wydawnictwo Naukowe Wydziału Zarządzania
Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 2013

ISBN 978-83-63962-41-8
978-83-63962-42-5 (e-book)

DOI: 10.7172/2013.wwz.13



Opracowanie komputerowe, druk i oprawa:
Dom Wydawniczy ELIPSA,
ul. Inflancka 15/198, 00-189 Warszawa
tel./fax 22 635 03 01, 22 635 17 85
e-mail: elipsa@elipsa.pl, www.elipsa.pl

Spis treści

| | |
|--|----|
| Słowo wstępne. Proces oceny, rankingowania i selekcji nowych technologii (<i>Andrzej H. Jasiński</i>) | 9 |
| Rozdział 1. Wprowadzenie do zagadnień oceny, rankingowania i selekcji technologii (<i>Krzysztof Klincewicz</i>)..... | 17 |
| 1.1. Zakres tematyczny książki..... | 17 |
| 1.2. Definicja technologii | 20 |
| 1.3. Istota oceny, rankingowania i selekcji technologii | 23 |
| 1.4. Przedmiot oceny, rankingowania i selekcji..... | 25 |
| 1.5. Znaczenie kontekstu oceny..... | 28 |
| 1.6. Techniki zbliżone do oceny, rankingowania i selekcji technologii ... | 30 |
| 1.7. Wyzwania procesu selekcji i rankingowania technologii | 34 |
| Rozdział 2. Przykładowe kryteria oceny, rankingowania i selekcji technologii – przegląd literatury (<i>Krzysztof Klincewicz</i>) | 37 |
| 2.1. Ocena technologii z naciskiem na jej aspekty techniczne | 37 |
| Kryteria oparte na dorobku badań w obszarze zarządzania technologiami | 37 |
| Model TRL (<i>Technology Readiness Levels</i>), NASA (USA, 1974–1995).. | 40 |
| 2.2. Ocena technologii jako decyzja polityczna..... | 41 |
| 2.3. Ocena technologii z naciskiem na jej aspekty biznesowe | 44 |
| Wykorzystanie techniki QFD (<i>quality function deployment</i>) do oceny technologii (Kim, Park i See; Korea, 1997)..... | 44 |
| Model Technology Assessment Template, Technoscans Centre i Chartered Financial Analyst Institute (USA, 2007)..... | 44 |
| 2.4. Złożone modele oceny technologii | 45 |
| Model Hsu, Tzenga i Shyu (Tajwan, 2003) | 45 |
| Model Jolly’ego (Francja, 2003) | 48 |
| Model De Coster i Butlera (Wielka Brytania, 2005)..... | 49 |
| Model Chena, Chunga i Weia (Tajwan, 2006) | 54 |
| Model Łunarskiego (Polska, 2009) | 55 |
| Model Luchenga, Xina i Wenguanga (Chiny, 2010) | 56 |
| Model Shena, Lina i Tzenga (Tajwan, 2011)..... | 58 |

| | |
|---|-----|
| 2.5. Ocena patentów, wchodzących w skład technologii | 59 |
| Model <i>Patent Factor Index (PFI™)</i> firmy Pantros IP (Stany Zjednoczone, 2005–2010) | 59 |
| Model <i>IPscore®</i> (Europejski Urząd Patentowy, 2009) | 62 |
| 2.6. Ocena etyczna i ekologiczna technologii | 68 |
| Model <i>eTA (ethical Technology Assessment)</i> Palma i Hanssona (Szwecja, 2006) | 68 |
| Kryteria oceny ekologicznej, określone przez Radę Wspólnot Europejskich (1996) i Schramma (Niemcy, 1998) | 69 |
| Model selekcji zielonych technologii Li, Liu, Tana i Du (Chiny, 2010) | 70 |
| 2.7. Ocena technologii w wybranych konkursach rządowych | 71 |
| Kryteria oceny wniosków w konkursie <i>Advanced Technology Program (ATP)</i> (Stany Zjednoczone, 2007) | 71 |
| Kryteria oceny wniosków w Programie Operacyjnym <i>Innowacyjna Gospodarka (POIG)</i> (Polska, 2007) | 71 |
| Kryteria oceny wniosków w konkursie <i>Polski Produkt Przyszłości (PPP)</i> (Polska, 2008) | 73 |
| Kryteria oceny wniosków w konkursie <i>GreenEvo – Akcelerator Zielonych Technologii</i> (Polska, 2009–2011) | 75 |
| 2.8. Podsumowanie przeglądu modeli oceny technologii | 77 |
| Rozdział 3. Matematyczne metody oceny, rankingowania i selekcji technologii (<i>Arkadiusz Manikowski</i>) | 80 |
| 3.1. Specyfika metod oceny, rankingowania i selekcji technologii | 80 |
| 3.2. Charakterystyka najważniejszych metod | 82 |
| Metoda delficka | 82 |
| Modele <i>scoringowe</i> – porównywanie parami | 85 |
| Metody statystyczne – analiza czynnikowa | 89 |
| <i>Multi-Attribute Utility Theory</i> – MAUT | 91 |
| <i>Analytic Hierarchy Process</i> – AHP | 94 |
| <i>Analytic Network Process</i> – ANP | 98 |
| <i>Data Envelopment Analysis</i> – DEA | 100 |
| Drzewa decyzyjne (ang. <i>decision trees</i>) | 103 |
| Rozmyta metoda AHP (ang. <i>fuzzy AHP</i>) | 106 |
| Statystyka szara (ang. <i>grey statistics</i>) | 108 |
| Euklidesowa metoda rozmyta (ang. <i>Fuzzy Euclid</i>) | 111 |
| Dualna metoda AHP (ang. <i>dual AHP</i>) | 114 |
| 3.3. Analiza porównawcza metod rankingowania i selekcji technologii .. | 118 |
| Rozdział 4. Propozycja algorytmu oceny, rankingowania i selekcji technologii (<i>Krzysztof Klincewicz</i>) | 122 |
| 4.1. Uwagi wstępne | 122 |

| | |
|--|-----|
| 4.2. Propozycja algorytmu O-R-S (oceny, rankingowania i selekcji technologii)..... | 126 |
| Określenie specyfiki sytuacji decyzyjnej | 126 |
| Dobór odpowiednich kryteriów | 130 |
| Ocena ekspercka technologii w oparciu o dobrane kryteria..... | 134 |
| Ocena ekspercka wzajemnej ważności kryteriów | 135 |
| Obliczenia pozwalające na stworzenie rankingu technologii..... | 136 |
| Rozdział 5. Przykład zastosowania algorytmu O-R-S | |
| (<i>Krzysztof Klincewicz, Arkadiusz Manikowski</i>) | 137 |
| 5.1. Opis technologii wykorzystanych do analizy..... | 137 |
| 5.2. Zastosowanie metod rankingowania | 144 |
| Ważność kryteriów | 145 |
| Prosta metoda <i>scoringowa</i> | 148 |
| Metoda MAUT | 149 |
| Metoda AHP | 151 |
| 5.3. Podsumowanie wyników analiz..... | 153 |
| Załącznik 1. Miary odległości w przestrzeniach wielowymiarowych | |
| (<i>Arkadiusz Manikowski</i>)..... | 154 |
| Załącznik 2. Podstawy logiki rozmytej (<i>Arkadiusz Manikowski</i>) | 156 |
| Załącznik 3. Kryteria oceny technologii (<i>Krzysztof Klincewicz</i>) | 159 |
| Kryteria dotyczące innowacyjności (A)..... | 159 |
| Kryteria dotyczące konkurencyjności (B)..... | 160 |
| Kryteria strategiczne (C)..... | 162 |
| Kryteria dotyczące doświadczeń organizacji-dostawcy (D) | 164 |
| Kryteria dotyczące znaczenia technologii dla organizacji-dostawcy (E).. | 166 |
| Kryteria marketingowe (F)..... | 171 |
| Kryteria dotyczące zastosowań technologii (G) | 177 |
| Kryteria techniczne (H) | 178 |
| Kryteria dotyczące technologii produkcyjnych (I)..... | 182 |
| Kryteria dotyczące ochrony patentowej (J) | 183 |
| Kryteria społeczne i etyczne (K)..... | 185 |
| Kryteria ekologiczne (L)..... | 189 |
| Bibliografia | 198 |

SŁOWO WSTĘPNE

Proces oceny, rankingowania i selekcji nowych technologii

ANDRZEJ H. JASIŃSKI

Rezultatem udanego procesu innowacyjnego jest nowa technologia, która zostaje wdrożona wewnątrz firmy (jako innowacja procesowa) lub skomercjalizowana na rynku (jako innowacja produktowa). Notabene, nowa technologia procesowa też może być czasami skomercjalizowana – na przykład gdy przedsiębiorstwo, które pierwsze ją wdroży, udzieli potem licencji na jej używanie przez innego przedsiębiorcę. Wystąpi wówczas dyfuzja innowacji. Jednakże zanim nastąpi praktyczne zastosowanie nowego rozwiązania naukowo-technicznego, zachodzą procesy decyzyjne po stronie tych podmiotów, które są lub mogą być zainteresowane jego komercyjnym wykorzystaniem. Decyzje te składają się na **proces oceny, rankingowania i selekcji (O-R-S)** nowych technologii. Proces ten wyobrażamy sobie w następujący sposób: najpierw jest dokonywana ocena poszczególnych nowych technologii, następnie tworzy się ich ranking (priorytetyzacja), po czym zainteresowany podmiot wybiera konkretną technologię. W każdym z trzech etapów procesu O-R-S stosowane są określone kryteria: oceny, rankingowania, selekcji. Głównym elementem tego procesu, który stanowi o jego istocie, jest ranking technologii, który ma ułatwiać podjęcie ostatecznej decyzji co do wdrożenia danej technologii.

Kluczowe pytanie brzmi zatem: „**Komu i do czego** potrzebna jest ocena, rankingowanie i selekcja nowych technologii?”.

Procesem tym mogą być zainteresowani zarówno twórcy, jak i użytkownicy nowych technologii. W Polsce są to zazwyczaj inne podmioty. Nowe technologie – jako rezultat prac B+R – powstają u nas zwykle w wyodrębnionych, samodzielnych instytucjach naukowo-badawczych¹. Natomiast użytkownikami (nabywcami) nowych technologii są przede wszystkim przedsiębiorstwa. Wynikami tego procesu mogą być zainteresowane również zgrupowania przedsiębiorstw

¹ Nowa technologia może powstać również w ramach konsorcjum badawczego lub badawczo-przemysłowego; może także powstać w przedsiębiorstwie.

(np. klastry) czy też inwestorzy finansowi i tego typu podmioty gospodarcze, ale także jednostki administracji centralnej, np. Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, Ministerstwo Gospodarki, Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.

Mamy zatem trzy zasadnicze kategorie zainteresowanych podmiotów, z których każdy pełni, niejako z natury, inną funkcję:

- 1) instytucje naukowo-badawcze – prowadzą prace badawczo-rozwojowe,
- 2) przedsiębiorstwa/przedsiębiorcy itp. podmioty gospodarcze – prowadzą prace B+R i/lub wdrażają wyniki tych prac,
- 3) agendy administracji państwowej – wspierają badania naukowe i prace rozwojowe.

Bardzo ważne są przy tym relacje między twórcami i potencjalnymi użytkownikami zarówno technologii, jak i ich rankingów. Relacje te kształtują się na rynku, przy czym każdy z tych zainteresowanych podmiotów reprezentuje inny punkt widzenia (różne priorytety).

Instytucja naukowo-badawcza, w której powstają nowe rozwiązania naukowo-techniczne, będzie zainteresowana takim rankingiem pod kątem możliwości i warunków sprzedaży wyników swoich prac, czyli właśnie nowych technologii.

Przedsiębiorca czy podobny podmiot gospodarczy będzie mieć inne priorytety. Zwykle zainteresuje się rankingiem, żeby dokonać selekcji (wyboru) technologii najlepszej dla realizacji swoich celów biznesowych, czyli pod względem możliwości i warunków jej zakupu.

Jeszcze inne priorytety będzie mieć jednostka administracji. Ranking technologii może być dla niej podstawą np. rozdziału środków finansowych na wspieranie transferu, wdrażania i komercjalizacji nowych technologii. Pomińmy dalej tę kategorię zainteresowanych podmiotów.

Co to znaczy „najlepsza technologia”? Najlepsza technologia to taka, która ma najwyższą wartość dla zainteresowanej jednostki.

Wartość stanowi podstawową kategorię teorii ekonomii. Wartość to ilość społecznej pracy ludzkiej ucieleśnionej w produkcie. Tak więc „produkt, czyli wynik działalności gospodarczej, posiada wartość o tyle, o ile jest rezultatem wcześniej ponoszonych nakładów materialnych i niematerialnych. Wartość (gospodarcza) oraz cena są zatem kategoriami społecznymi” (Meredyk, red., 2000, s. 44). Z kolei wartość użytkowa, inaczej: użyteczność rzeczy, to zdolność dóbr do zaspokajania określonych potrzeb ludzkich (społecznych). Wartość użytkowa towaru nie ma bezpośredniego znaczenia dla jego wytwórcy; ma znaczenie jedynie dla nabywców – konsumentów lub producentów innych niż wytwórca tego towaru (Mała Encyklopedia Ekonomiczna, 1974, s. 891–892). A zatem produkt ma wartość użytkową, jeśli uzyskuje akceptację rynkową.

Dana technologia może mieć inną wartość dla jej twórcy (np. placówki badawczej), a inną dla jej użytkownika (np. przedsiębiorstwa). Dla instytucji naukowo-badawczej liczy się – jako podstawa priorytetyzacji – wartość opracowanej technologii, wynikająca głównie z nakładów poniesionych na jej stworzenie oraz z jej poziomu jako osiągnięcia naukowego. To może stanowić, i w przeszłości zwykle stanowiło, podstawę jej wyceny. Natomiast dla potencjalnego nabywcy-przedsiębiorcy taka wartość może nie mieć większego znaczenia. Z jego punktu widzenia ważne – jako podstawa priorytetyzacji – jest to, jaką owa technologia ma dla niego wartość użytkową. Jeśli będzie mieć dla niego bardzo wysoką użyteczność (rozumianą jako potencjał rynkowy), przedsiębiorca będzie skłonny zapłacić nawet bardzo wysoką cenę; i odwrotnie. Tak więc wartość nowej technologii ukształtuje się na rynku, niezależnie od jej wyceny przez jednostkę naukową, i nie musi mieć związku z poniesionymi nakładami B+R czy z jej poziomem naukowym.

Pytanie o uwarunkowania procesu O-R-S jest pytaniem o otoczenie (rynkowe) danej technologii. Nową technologię należy traktować nie tylko jako produkt nauki, ale także jako produkt rynkowy, będący przedmiotem transakcji kupna–sprzedaży. Stąd tak ważne są tutaj uwarunkowania rynkowe. Oczywiście, nie każda nowa technologia staje się produktem rynkowym, nie każda podlega „optyce rynkowej” (np. technika jądrowa).

Jak wiadomo, oprócz postępu technicznego, są dwie podstawowe siły motoryczne rozwoju współczesnych rynków towarów i usług: popyt i konkurencja. Pewną rolę odgrywa również polityka państwa. Notabene, wszystkie te trzy siły – jako zjawiska rynkowe – podlegają dzisiaj procesom globalizacji.

Jak pisze W. Janasz (2006), kwestia oddziaływania sił rynkowych na stan innowacyjności gospodarki ma istotne znaczenie, zwłaszcza w kontekście budowania przewag konkurencyjnych wynikających przede wszystkim z innowacyjności i nieustannego postępu technologicznego. Podobnie stwierdzają J. Tidd i J. Bessant (2011): „Istotą innowacyjności jest selektywne poszukiwanie nowych lub odmiennych rozwiązań na gruncie walki konkurencyjnej między podmiotami gospodarczymi o zwiększenie udziałów w rynku” (Tidd, Bessant, 2011, s. 340).

Nowa technologia może być przydatna w istniejącym sektorze rynkowym (dla jego dalszego rozwoju) lub przyczynić się do stworzenia nowego rynku. Technologia stanowiąca swego rodzaju produkt rynkowy może być wykorzystana jako:

- 1) narzędzie walki konkurencyjnej – byłaby to tzw. strategia czerwonego oceanu (Kim, Mauborgne, 2005) albo
- 2) sposób stworzenia najpierw niszy rynkowej, a potem wręcz nowego rynku (sektora, branży) – byłaby to z kolei, według tych autorów, strategia błękitnego oceanu.

Jeśli chodzi o pierwszy przypadek, kontekst rynkowy sprowadza się tutaj m.in. do oceny, jaki jest stan (struktura) danego rynku. Jak wiadomo, może być to stan wolnej konkurencji, oligopolu, monopolu lub konkurencji monopolistycznej.

W drugim przypadku nowa technologia może oznaczać „nowe otwarcie” – stworzenie lub zagospodarowanie nowej, wolnej, dziewiczej przestrzeni rynkowej. Granice rynku nie są bowiem z góry ustalone. Notabene, ta druga strategia jest przez autorów bardziej rekomendowana.

Rola uwarunkowań rynkowych procesu O-R-S jest zróżnicowana w zależności od skali nowości technologii (innowacji technicznych). Innowacje radykalne (przełomowe) rozwijane są zazwyczaj na rynkach „strony podażowej”, np. w przemyśle chemicznym czy elektronicznym, natomiast innowacje przyrostowe (stopniowe) dominują zwykle na rynkach „strony popytowej”, czyli w traktowanych gałęziach przemysłu (Mohr, 2011, s. 15–16).

Technologie radykalne rozwijają się nieco inaczej w różnych sektorach/rynkach, w zależności od przebiegu ścieżki technologicznej – tzw. trajektorii technologii². W tym kontekście rozróżnia się pięć podstawowych ścieżek (Tidd, Bessant, 2011):

- zdominowane przez dostawcę,
- związane z (masową) skalą produkcji,
- o podłożu techno-informacyjnym (TI),
- oparte na nauce/inspirowane głównie przez naukę,
- nastawione na wyspecjalizowanych dostawców.

Znajomość tych trajektorii i rynków/sektorów, w których się przejawiają, może być pomocna w uzyskaniu odpowiedzi m.in. na pytanie: „Jak wpływają one na przewagę konkurencyjną?”. Wszystkie wymienione uwarunkowania wpływają na priorytetyzację nowych technologii – zarówno produktowych, jak i procesowych.

Jak więc należy oceniać nową technologię jako wartość (użytkową)? W tym celu trzeba odpowiedzieć na następujące pytania, mające charakter kryteriów rankingowania:

1. Jaki poziom naukowy (wartość naukową) ona reprezentuje?
2. Jaką ma wartość jako przedmiot własności intelektualnej?
3. Czy pozwoli stworzyć nową przestrzeń rynkową?
4. Czy stanowi dobrą podstawę do zapewnienia przewagi konkurencyjnej?
5. W jakim stopniu jest podatna na wdrożenie, komercjalizację i dyfuzję?

² Więcej o pojęciu i mechanizmie trajektorii w: Hirooka (2006).

6. Czy pozwoli osiągnąć tzw. ekonomikę skali?

7. Jakie niesie ze sobą ryzyko rynkowe, czyli ryzyko porażki rynkowej?³

(Pytania 3–7 dotyczą szeroko rozumianego potencjału rynkowego nowej technologii).

Tej analizie nie można, oczywiście, oderwać od poniesionych nakładów na prace badawczo-rozwojowe, ale to nie one ostatecznie przesądzą o wartości danej technologii.

Ocena, a zwłaszcza wybór technologii, to decyzja strategiczna – dla każdej organizacji, która takiego wyboru dokonuje; powinna być zatem podporządkowana strategii tej organizacji. Ze strategii zaś będą wynikać priorytety mające wpływ na ranking nowych technologii. Na przykład w przypadku firmy na wybór technologii mają wpływ następujące elementy (Janasz, 2006):

- techniczne uzbrojenie pracy,
- poziom kapitałochłonności stosowanej techniki,
- zasoby siły roboczej (z uwzględnieniem jej struktury pod względem kwalifikacji).

Należy to uzupełnić o przewidywane rozmiary popytu na produkcję przedsiębiorstwa, która byłaby oparta na nowej technologii.

Ważne uwarunkowania – w szerokim znaczeniu – wynikają współcześnie z koncepcji społecznej odpowiedzialności biznesu (SOB, ang. *Corporate Social Responsibility*, CSR), która kładzie nacisk na wartości ekologiczne (zwłaszcza w kontekście zrównoważonego rozwoju) oraz kwestie etyczne (wartości aprobowane przez konsumentów).

Notabene, wartość (użytkowa) nowej technologii zależy od tego, czy wcześniej, tj. w trakcie badań naukowych i prac rozwojowych, zrobiono wszystko, aby ta technologia miała potem jak największą wartość, np. czy wykorzystano którąś z poniższych, nowoczesnych koncepcji, takich jak:

- łańcuch wartości innowacji,
- model innowacji prowadzonej przez użytkownika,
- otwarta innowacja.

Każda z tych koncepcji uwzględnia w większym czy mniejszym stopniu uwarunkowania rynkowe rozwoju nowych technologii.

Jeśli chodzi o polskie realia, rynki w Polsce są nadal ułomne, tzn. na niektórych rynkach nie ma równowagi, a niektóre są częściowo zmonopolizowa-

³ Spośród trzech rodzajów ryzyka innowacji – techniczne, ekonomiczne, rynkowe – najważniejsze jest ryzyko rynkowe.

ne. Stąd uwarunkowania rynkowe (związane z popytem i konkurencją) nie są dostatecznie silne, nie odgrywają należnej im roli w gospodarce wolnorynkowej.

Nadal istnieje duża luka technologiczna – a właściwie zbiór luk występujących w wielu sektorach – między polską gospodarką a krajami wysokorozwiniętymi. Niektórzy nawet uważają, że luka się pogłębia (Janasz, 2006; Klincewicz, 2008; Rutkowski, 2007). Dlatego konieczność jej zmniejszania należy traktować jako istotny punkt odniesienia przy rankingowaniu nowych technologii.

W procesie O-R-S ważną rolę odgrywają uwarunkowania zewnętrzne (zagraniczne), które pod wpływem procesów globalizacji jeszcze bardziej się nasilają. Oto niektóre z tych uwarunkowań:

- po pierwsze, Polska nie jest wyspą technologiczną na mapie świata,
- po drugie, jesteśmy częścią tworzącego się jednolitego rynku (ang. *single market*) w ramach Unii Europejskiej,
- po trzecie, w minionych dwóch dekadach nasilał się import zachodniej myśli technicznej. Co więcej, import wyrobów wysokiej techniki do Polski wyraźnie dominował nad naszym eksportem tego typu produktów (Jasiński, 2006),
- po czwarte, Komisja Europejska kładzie ostatnio bardzo duży nacisk na rozwój tzw. rynków przewodnictwa (ang. *lead markets*).

W tej ostatniej kwestii chodzi o sześć rynków – niektóre o wąskim na razie zakresie, a mianowicie: produkty oparte na biotechnologii, e-zdrowie, ochronie tekstylii, zrównoważone budownictwo, recykling oraz odnawialne źródła energii. Mają to być „rynkı przyjazne innowacjom” (Aho, red., 2006). Ta inicjatywa Komisji Europejskiej powinna stanowić dla nas ważny punkt odniesienia w trakcie rankingowania technologii.

Rynkowe uwarunkowania, tak charakterystyczne dla rozwoju nauki i techniki w gospodarce wolno-rynkowej, długo nie odgrywały w Polsce i nadal nie odgrywają należnej im roli w procesach O-R-S. Jest to dziedzictwo przeszłości. Ta spuścizna przejawia się m.in. w tym, że:

- badania naukowe były zazwyczaj inspirowane i inicjowane z dala od przedsiębiorstw, czyli od rynku,
- badania były w większości prowadzone gdzie indziej, a wdrożenia następowały gdzie indziej, przy wątplıj współpracy między tymi dwoma światami,
- wycena wyników badań wynikała głównie z poniesionych nakładów,
- małe doświadczenie marketingowe instytucji naukowo-badawczych dodatkowo osłabiało znaczenie rynkowych uwarunkowań ich działalności,
- brakowało odpowiednich zdolności do absorpcji nowych technologii w wielu polskich firmach⁴.

⁴ Jednym z powodów takiego stanu rzeczy jest śladowy potencjał B+R w przedsiębiorstwach, mierzony np. liczbą pracowników B+R czy wyposażenia badawczo-rozwojowego.

Przedsiębiorstwa jako podstawowe – obok gospodarstw domowych – podmioty gospodarki narodowej, powinny odgrywać tutaj zdecydowanie większą rolę niż dotychczas, co jednocześnie podniesie znaczenie rynkowych uwarunkowań procesów O-R-S.

Rankingowanie nowych technologii powinno zależeć również od sektora rynku, którego może dotyczyć (ang. *sector-specific*). Podejście sektorowe w procesie O-R-S powinno być oparte na następujących założeniach:

- 1) polska gospodarka potrzebuje innowacji nie tylko w sektorach wysokiej techniki, ale także w sektorach niskiej i średniej techniki;
- 2) wskazane byłoby wykształcenie się polskich specjalności opartych na rodzimych technologiach;
- 3) szczególnie ważne są technologie przyjazne środowisku naturalnemu, czyli eko-innowacje, np. w energetyce, recyklingu i utylizacji odpadów, produkcji maszyn i urządzeń technicznych. Sektory te zazębiają się ze wspomnianymi rynkami przewodnictwa.

Reasumując: uwarunkowania rynkowe stanowią ważne przesłanki, które należy brać pod uwagę w procesie O-R-S. Przy rankingowaniu nowych technologii trzeba jednak kierować się zwłaszcza wynikami *foresightu* technologicznego. Przede wszystkim chodzi o zakończony niedawno Narodowy Program Foresight „Polska 2020”, Foresight Technologiczny Przemysłu „Insight 2030”, a także branżowe projekty *foresightu*. Regionalne projekty *foresightowe* będą tu mniej przydatne.

ROZDZIAŁ 1

Wprowadzenie do zagadnień oceny, rankingowania i selekcji technologii

KRZYSZTOF KLINCEWICZ

1.1. Zakres tematyczny książki

Niniejsza książka omawia zagadnienia mające szczególnie istotne znaczenie dla firm innowacyjnych i instytutów badawczych, tworzących i wprowadzających na rynek rozwiązania naukowo-techniczne albo dokonujących wyboru odpowiednich technologii w celach wdrożeniowych. Przydatna będzie również dla publicznych i prywatnych organizacji, które oferują wsparcie finansowe dla projektów badawczo-rozwojowych oraz inicjatyw mających na celu komercjalizację nowych technologii.

Książka prezentuje **model O-R-S** – model **zintegrowanego procesu oceny (O), rankingowania (R) i selekcji (S) technologii**. Podmioty wprowadzające technologie do obrotu gospodarczego lub planujące ich wykorzystanie będą szczególnie zainteresowane dokonaniem oceny rozwiązań dostępnych w określonym podzbiorze technologii, uszeregowania ich na podstawie preferowanych przez decydenta kryteriów (rankingowanie, priorytetyzacja) oraz podjęciem decyzji o wyborze (selekcji) technologii, która najlepiej spełnia ich oczekiwania. W wielu przypadkach kolejnym krokiem podejmowanym przez takie organizacje będzie wystąpienie o wsparcie finansowe dla rozwoju, doskonalenia, wprowadzania na rynek lub wdrażania wybranej technologii. Model O-R-S stanowi więc niezwykle ważny element procesu tworzenia strategii firm technologicznych, planowania rozwoju regionalnego lub podejmowania decyzji wdrożeniowych przez organizację-klienta. Analogicznie, również instytucje oferujące wsparcie dla podmiotów sektora B+R przechodzą przez opisaną sekwencję kroków O-R-S w przypadku analizy wniosków podmiotów, ubiegających się o dofinansowanie, mającej na celu ocenę napływających zgłoszeń, uszeregowanie ich w formie rankingu, dokonanie decyzji selekcyjnych oraz udzielenie wsparcia. Model O-R-S dotyczy zbioru technologii, które są ze sobą porównywane, w celu wyłonienia

najlepszej z nich. Analogiczne kryteria, wspierające ocenę technologii, mogą być wykorzystywane również do analizy pojedynczej technologii – wówczas nie dochodzi do rankingowania (porównania kilku obiektów w ramach zbioru), więc model składa się z elementów O-S: oceny stopnia spełnienia poszczególnych kryteriów i podjęcia decyzji o przyjęciu lub odrzuceniu określonej technologii.

Warto zwrócić uwagę na różne możliwe interpretacje pojęcia „oceny technologii”. Już w 1984 roku Lech W. Zacher zwracał uwagę na zamiennie stosowanie w publikacjach dotyczących technologii pojęć: ocena, ewaluacja i wartościowanie (Zacher, 1984, s. 9), wykorzystując dalej te określenia jako synonimy (Zacher, 1984, s. 127–139). Współcześnie takie utożsamienie może być jednak źródłem nadmiernych uproszczeń, co zostanie szczegółowo umówione w podrozdziale dotyczącym technik zbliżonych do oceny, rankingowania i selekcji technologii. Opisywana w niniejszej książce oraz w modelu O-R-S ocena odnosi się do konkretnego wariantu technologii, mającego określone charakterystyki, czym będzie się różnić od znacznie szerszego podejścia *technology assessment*, opisywanego przez Zachera (1984) i kontynuatorów tego nurtu badań.

W dalszych częściach książki określenia „wybór technologii” (ang. *technology choice*) i „selekcja technologii” (ang. *technology selection*) będą stosowane zamiennie. Warto zwrócić jednak uwagę na różnice między tymi dwoma pojęciami. Wybór oznacza czynność kończącą proces decyzyjny, może być arbitralny i zwykle jest utożsamiany z wyborem jednej spośród dostępnych alternatyw. Selekcja może tymczasem oznaczać wskazanie kilku preferowanych rozwiązań, opiera się na określonej procedurze selekcyjnej i zdefiniowanych kryteriach. W międzynarodowej literaturze z obszaru zarządzania technologiami analizy kryteriów i algorytmów wspierających wybór technologii określa się zwykle mianem *technology selection*, podczas gdy *technology choice* stosuje się do opisu już dokonanego wyboru technologii.

Prezentowany w książce model znajduje zastosowanie również do analizy sposobów **stymulowania procesów innowacyjnych**, czyli do przypadków, w których nie istnieją jeszcze gotowe rozwiązania naukowo-techniczne, ale celowe wydaje się motywowanie podmiotów sektora B+R do rozwoju pożądaných technologii. W tych przypadkach pierwszym krokiem procesu może być wsparcie publiczne, prowadzące do powstania nowych technologii, które dalej podlegać będą ocenie, rankingowaniu i selekcji, czemu ponownie opowiada sekwencja kroków O-R-S.

Model będzie przydatny również dla już istniejących technologii, w tym technologii starszych, sprawdzonych, które mogłyby być wdrożone przez organizację-użytkownika, a model O-R-S ułatwi podjęcie decyzji o wyborze najbardziej adekwatnego rozwiązania.

Celem książki jest przedstawienie wyników **przeglądu metod i kryteriów oceny, rankingowania i selekcji technologii**. Ocena, rankingowanie i selekcja

technologii mogą dotyczyć trzech obiektów: istniejących technologii (o określonych parametrach i zastosowaniach), projektów B+R (prowadzących do powstania technologii, ale obarczonych niepewnością) oraz kierunków badań nad technologiami (związanych z decyzjami o podjęciu projektów B+R). Książka koncentruje się na ocenie, rankingowaniu i selekcji technologii, jednak proponowany model O-R-S znajduje zastosowanie również do dwóch pozostałych scenariuszy, przy świadomości spekulatywnego charakteru tego typu analiz (w przypadku trwających projektów lub planowanych kierunków badań brakuje wielu danych empirycznych dotyczących technologii, gdyż poddawane analizom technologie jeszcze nie powstały).

Niniejsze opracowanie składa się z pięciu rozdziałów. **Rozdział 1** zawiera wprowadzenie do zagadnień oceny, rankingowania i selekcji technologii, prezentując najważniejsze wyzwania badawcze, znaczenie kontekstu prowadzonych analiz oraz porównanie O-R-S z pokrewnymi metodami. **Rozdział 2** przynosi rozbudowany przegląd możliwych kryteriów oceny, selekcji i rankingowania technologii, zaczerpniętych z obcojęzycznej literatury oraz przykładowych procesów oceny technologii w konkursach prowadzonych przez instytucje rządowe. W **rozdziale 3** przedstawione zostały matematyczne metody, które pozwalają na stworzenie rankingu technologii na podstawie wyników oceny poszczególnych kryteriów. Zaprezentowano ich uwarunkowania oraz praktyczne możliwości wdrożenia. **Rozdział 4** zawiera propozycję kryteriów rankingowania technologii, które zostały zaprezentowane w podziale na grupy tematyczne, dotyczące oceny aspektów technicznych, rynkowych i ekologicznych technologii, jak również charakterystyk organizacji-twórcy i dostawcy technologii. Znajduje się tutaj lista 184 szczegółowych kryteriów, możliwych do wykorzystania przy ocenie na podstawie 5-stopniowej skali Likerta, podzielonych na 12 grup. Zaprezentowano w nim również proponowany algorytm rankingowania, oparty na wyborze odpowiednich kryteriów w zależności od uwarunkowań sytuacyjnych i potrzeb oceniającego.

Książka nawiązuje do badania, które zostało przeprowadzone w 2012 roku przez zespół Wydziału Zarządzania Uniwersytetu Warszawskiego na zlecenie Instytutu Technologii Eksploatacji – Państwowego Instytutu Badawczego w Radomiu w ramach Programu Strategicznego *Innowacyjne Systemy Wspomagania Technicznego Zrównoważonego Rozwoju Gospodarki*, współfinansowanego przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego.

Autorzy pragną podziękować następującym osobom, które pomogły zrealizować niniejszy projekt: prof. dr. hab. Adamowi Mazurkiewiczowi i dr Beacie Poteralskiej (Instytut Technologii Eksploatacji w Radomiu), prof. dr. hab. Alicji Sosnowskiej, która wniosła cenne uwagi do powstającego tekstu oraz recenzentce naukowej, prof. dr. hab. Lidii Białoń, która poświęciła szczególnie dużo

czasu na analizy i przedstawienie propozycji doskonalenia sposobów prezentacji najtrudniejszych, teoretycznych i matematycznych zagadnień, opisywanych w książce. Serdeczne podziękowania należą się również wszystkim ekspertom, przedstawicielom instytucji publicznych, organizacji sektora nauki i przedsiębiorstw, którzy uczestniczyli w zaprezentowanych w książce analizach oraz wnieśli cenny wkład w doskonalenie elementów modelu O-R-S.

1.2. Definicja technologii

Tradycyjnie technologia w organizacjach była postrzegana jako *hardware*, fizyczne maszyny i urządzenia, wykorzystywane przez uczestników organizacji dla wsparcia procesu produkcyjnego (Orlikowski, 1992, s. 399) lub „zespół środków materialnych oraz metod stosowanych w działalności gospodarczej” (Białoń, Obrębski, 1989, s. 11). Ważnym elementem powyższej interpretacji jest wymóg wykorzystania w działalności ludzkiej, gdyż niewykorzystywane środki i metody stanowią jedynie potencjał techniczny (Białoń, Obrębski, 1989, s. 11). O wieloznaczności pojęcia techniki (ang. *technology*) pisał już w 1974 roku Andrzej Siciński. Najczęściej pojęcie jest wykorzystywane „dla oznaczenia narzędzi, a szczególnie takiej ich skomplikowanej postaci, jaką stanowią maszyny” (Siciński, 1974, s. 11), ale może także oznaczać „całokształt metod, którymi posługuje się człowiek” (Siciński, 1974, s. 11) lub „charakterystyczną dla gatunku ludzkiego całość, jaką tworzą narzędzia wraz z regułami ich zastosowania, całość służącą opanowaniu przyrody” (Siciński, 1974, s. 11). Pierwszą z podanych interpretacji pojęcia Siciński prezentuje jako „technikę w węższym sensie” (Siciński, 1974, s. 12) i właśnie takiemu rozumieniu najbliższe jest współcześnie wykorzystywane w polskojęzycznych publikacjach rozumienie technologii. Dwie pozostałe interpretacje odzwierciedlają z kolei współczesne pojmowanie istoty techniki, zbliżone przykładowo do prezentowanych w minionym stuleciu interpretacji francuskiego filozofa Jacquesa Ellula (Ellul, 1974).

Definicja technologii, zaproponowana w latach 70. XX wieku przez filozofa Bernarda Gendrona, odwoływała się do „usystematyzowanej praktycznej wiedzy, opartej na eksperymentach i/lub teoriach naukowych, poszerzającej zdolności społeczeństwa do wytwarzania dóbr i usług, która jest ucieleśniona w zdolnościach produkcyjnych, organizacji lub maszynach” (Kuehn, Porter, 1981, s. 11). Zbliżoną propozycję przedstawia Jasiński (2006): technologia lub technika to „wiedza (zarówno zmaterializowana, jak i niezmaterializowana) umożliwiająca człowiekowi celową działalność gospodarczą, polegającą na przetwarzaniu dóbr naturalnych (przyrody)” (Jasiński, 2006, s. 12). Badacze wskazują, że współczesne technologie obejmują zarówno aspekty fizyczne (artefakty), jak

i wiedzę (Kuehn, Porter, 1981, s. 35), aspekty społeczne i zarządcze (Porter, Kuehn, 1981, s. 35).

Twórcy reprezentujący nurt badań socjologicznych SCOT (ang. *social construction of technologies*, społeczna konstrukcja technologii) rozróżniali trzy możliwe interpretacje pojęcia „technologia”:

- 1) fizyczne obiekty (artefakty) – urządzenia, stanowiące namacalne przejawy technologii,
- 2) procesy – związane z przekształcaniem wejść w wyjścia przy wykorzystaniu specjalistycznej wiedzy,
- 3) wiedza ludzka – wykorzystywana w działaniu, wykorzystującym artefakty i procesy (Bijker, Hughes, Pinch, 1989, s. 4).

OECD dla potrzeb analiz ekonomicznych definiuje technologie jako „stan wiedzy, dotyczący sposobów przekształcania zasobów w rezultaty (ang. *outputs*)” (OECD, 2001, s. 125), sugerując, że technologia może występować w formie zarówno materialnej (przejawiając się w produktach), jak i niematerialnej (jako projekty, wyniki badań, techniki organizatorskie) (OECD, 2001, s. 11).

Obok oparcia się na wiedzy, istotną cechą technologii jest ich praktyczne zastosowanie do celów gospodarczych. Michael Porter uważa, że technologie są wykorzystywane przez firmy w celu przekształcania zakupionych materiałów za pomocą zasobów ludzkich w rezultaty produkcyjne (Porter, 1985, s. 166). Lewis M. Branscomb definiuje technologię jako „zbiór potencjału, zasobów fizycznych, umiejętności, wiedzy i organizacji, potrzebnych do pomyślnego stworzenia przydatnej usługi lub produktu” (Branscomb, 1993, s. 3). Najbardziej złożoną definicję podają autorzy znanego amerykańskiego podręcznika do zarządzania technologiami Robert A. Burgelman, Modesto A. Maidique i Steven C. Wheelwright, których zdaniem technologia to „teoretyczna i praktyczna wiedza, umiejętności i artefakty, które mogą być wykorzystane do rozwijania produktów i usług oraz do ich produkcji i dostarczania. Technologia może być ucieleśniona w ludziach, materiałach, procesach poznawczych i fizycznych, fabrykach, urządzeniach i narzędziach. (...) Technologie są zwykle rezultatem działań rozwojowych, w ramach których dochodzi do praktycznego wykorzystania wynalazków i odkryć” (Burgelman, Maidique, Wheelwright, 1995, s. 2).

Alternatywne spojrzenie na technologie przynoszą filozofia i socjologia. Niemiecki filozof Martin Heidegger wskazał, że „istota technologii nie jest bynajmniej technologiczna” (Heidegger, 1977, s. 4), gdyż refleksje dotyczące technologii dotyczą dwóch alternatywnych interpretacji: technologii jako środka do osiągnięcia celów oraz technologii jako ludzkiej działalności (Heidegger, 1977, s. 4). Kontynuatorzy tej tradycji uważają, że pojęcie technologii obejmuje zarówno system ludzkich działań, prowadzących do wytwarzania artefaktów,

jak i system ludzkich działań, prowadzących do wykorzystywania tych artefaktów (Ropohl, 1996, s. 84–85). Technologie są wynikiem interakcji użytkowników z obiektami fizycznymi, co wiąże się z tzw. dowolnością interpretacyjną (ang. *interpretative flexibility*) – wielością zastosowań danej technologii oraz możliwości jej rekonfiguracji przez użytkowników (Bijker, Hughes, Pinch, 1987, s. 27). Wanda Orlikowski użyła określenia „dualizm technologiczny” dla oznaczenia związków między technologiami a ich użytkownikami: połączenia aspektów fizycznych i społecznych, procesów tworzenia i wykorzystywania technologii (Orlikowski, 1992). Dualizm technologiczny oznacza, że „technologia jest tworzona i modyfikowana przez ludzkie działania, jednak jest również wykorzystywana przez ludzi dla realizacji pewnych działań. (...) Rozwinięta i wdrożona, technologia zwykle podlega reifikacji i instytucjonalizacji, tracąc swoje powiązania z agentami, którzy ją stworzyli lub nadali jej znaczenia i zaczyna wydawać się częścią obiektywnych, strukturalnych właściwości organizacji” (Orlikowski, 1992, s. 405–406). Teoretyk organizacji Karl Weick opatrzył technologię anglojęzyczną nazwą *equivoque*, którą można przetłumaczyć jako „wieloznaczność” lub „hybrydę” – technologia jest „czymś, co dopuszcza wiele możliwych lub akceptowalnych interpretacji i dlatego może być ezoteryczne, stanowiące źródło nieporozumień, niepewne, kompleksowe i zawile” (Weick, 2000, s. 148).

Dyskurs dotyczący technologii doprowadził do znacznego poszerzenia znaczenia terminu „technologia”, co było postrzegane jako utrudnienie dla analiz empirycznych. Dążąc do precyzyjnego zdefiniowania omawianego pojęcia, francuski filozof Bernard Stiegler zaproponował, by traktować technologię jako trzeci rodzaj „istnienia”, obok bytów nieorganicznych, którymi zajmują się nauki fizyczne oraz bytów organicznych, stanowiących przedmiot zainteresowań nauk przyrodniczych. Zdaniem Stieglera technologia to po prostu „zorganizowana materia nieorganiczna” (ang. *inorganic organized beings, nonorganic organizations of matter*) (Stiegler, 1998, s. 17).

Dla potrzeb dalszych analiz, prezentowanych w niniejszej książce, zostanie wykorzystana definicja Stieglera, zgodnie z którą technologia jest zorganizowaną materią nieorganiczną – materialnym przejawem ludzkiej wiedzy i wynikiem działań organizatorskich, wykorzystywanym do celów praktycznych (w tym: zastosowań gospodarczych). Analizowana w kolejnych rozdziałach technologia ma więc wymiar materialny – wiemy o jej istnieniu, potrafimy określić jej parametry, a często również potencjał dalszego rozwoju. Może ona być:

- produktem (wykorzystywanym przez użytkownika końcowego),
- maszyną, urządzeniem lub procesem wytwórczym (wykorzystywanymi w celu wytworzenia produktów lub świadczenia usług dla użytkowników końcowych),
- aparaturą badawczą i testową (stosowaną w celu wsparcia procesów badawczo-rozwojowych i wytwórczych),

- komponentem lub tworzywem sztucznym (stanowiącym wkład do procesu produkcyjnego), jak również sposobem ich wytwarzania,
- maszyną, urządzeniem lub procesem mającym na celu regenerację lub utylizację.

Wszystkie wymienione formy technologii opierają się na wykorzystaniu ludzkiej wiedzy, której nadano materialną, fizyczną formę i zastosowano do rozwiązywania praktycznych problemów. Warto pamiętać, że technologia nie jest tożsama z pojęciem innowacji – nie każda technologia jest nowa, możliwa jest ocena poziomu innowacyjności danej technologii. W wielu przypadkach użytkownicy nie wybierają najbardziej innowacyjnych technologii, preferując rozwiązania sprawdzone, obecne na rynku od pewnego czasu, a zapewne również tańsze.

1.3. Istota oceny, rankingowania i selekcji technologii

Rankingowanie technologii polega na uszeregowaniu rozpatrywanych technologii na bazie zestawu uprzednio zdefiniowanych kryteriów, których agregacja pozwala na stworzenie rankingu. Zadanie rankingowania technologii jest następstwem ocen indywidualnych technologii, a jednocześnie wprowadzeniem do często opisywanej w literaturze praktyki selekcji technologii (wyboru preferowanej technologii, która spełnia określone kryteria). Zgodnie z prezentowanym w niniejszej książce modelem O-R-S ocena (O), rankingowanie (R) i selekcja (S) technologii stanowią typową sekwencję kroków, podejmowanych przez potencjalnych użytkowników technologii lub organizacje oferujące wsparcie dla działalności innowacyjnej. W literaturze zagranicznej te trzy kroki (O-R-S) bywają często prezentowane wspólnie, bez rozgraniczeń pomiędzy nimi, najczęściej pod wspólną nazwą *technology selection*. Publikacje dotyczące selekcji technologii prezentują zwykle kryteria i algorytmy oceny, pozwalające nie tylko na identyfikację najlepszej spośród analizowanych opcji, ale też na uszeregowanie pozostałych rozpatrywanych technologii – stworzenie rankingu. Selekcja technologii polega na gromadzeniu informacji na temat alternatywnych technologii, pochodzących z różnych źródeł oraz ocenie tych alternatyw na podstawie zestawu kryteriów, przy uwzględnieniu priorytetów organizacji, która dokonuje lub zleca przeprowadzenie oceny (Lucheng, Xin, Wenguang, 2010, s. 78). Przegląd definicji i modeli teoretycznych, wskazujących na kluczowe znaczenie selekcji technologii dla rozwoju strategii technologicznej organizacji, oferuje m.in. publikacja Luchenga z zespołem (Lucheng, Xin, Wenguang, 2010, s. 78).

Uproszczonym wariantem O-R-S jest analiza portfelowa (ang. *portfolio analysis*), polegająca na przyporządkowaniu poszczególnych technologii do dwóch wybranych wymiarów, stanowiących podstawę porównania. Powstaje w ten spo-

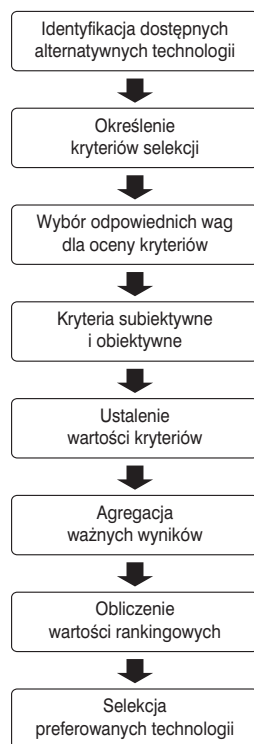
sób macierz zawierająca zwykle cztery pola, odzwierciedlające odpowiednio niski lub wysoki poziom każdej z dwóch zmiennych. Modele portfelowe są popularne w zarządzaniu technologiami (Phaal, Farrukh, Probert, 2006, s. 336–344; Terwiesch, Ulrich, 2008, s. 27–38) ze względu na łatwość ich stosowania oraz przejrzystą wizualizację wyników analizy, jednak ograniczenie porównań do dwóch zmiennych jest nadmiernym uproszczeniem. Klasyczne analizy portfela produktów lub technologii opierają się na dwóch wymiarach:

- 1) charakterystykach produktu/technologie – które mogą być obejmować cechy organizacji, w tym wyposażenie w zasoby związane z analizowanym produktem, szczególnie know-how, wiedzę techniczną, wyniki sprzedaży i zyskowość;
- 2) charakterystykach rynku (interpretowanych również jako atrakcyjność produktu/technologie, oceniana przez pryzmat potrzeb uczestników rynku, działań konkurentów i tendencji w dalszym otoczeniu organizacji-dostawcy).

W literaturze przedmiotu można spotkać co najmniej kilkadziesiąt propozycji modeli portfelowych, różniących się stosowanym nazewnictwem i niektórymi szczegółowymi składnikami analizowanych zmiennych (Gerpott, 1999, s. 150–163). Podporządkowanie problemu selekcji i rankingowania technologii tylko dwóm wymiarom może być, niestety, źródłem problemów analitycznych. Przykładowo, już w 1982 roku Lidia Białoń postulowała wykorzystywanie mierników, które będą odzwierciedlać trzy podstawowe aspekty procesów technologicznych: przyczynę, istotę i skutki poziomu technologicznego (Białoń, 1982), a możliwe jest wskazanie dalszych wymiarów, postrzeganych jako istotne dla prowadzących analizy. Niektóre szczegółowe kryteria mogą mieć znaczenie krytyczne i powinny prowadzić do bezwzględnej eliminacji danej technologii z dalszych analiz, podczas gdy wymiary macierzy budowane są na podstawie ważonej sumy wartości dla różnych kryteriów, co utrudnia dyskwalifikację problematycznej technologii. Pomiedzy kryteriami może też dochodzić do interakcji – wartość jednego z nich może wpływać na wartość innego, albo oba powinny być rozpatrywane wspólnie. Ograniczenia analiz portfelowych są jednocześnie typowe dla tych technik podejmowania decyzji, które złożone, wielokryterialne decyzje próbują uprościć, redukując liczbę analizowanych wymiarów. Z oczywistych przyczyn tak prowadzone analizy nie będą dobrze odzwierciedlały rzeczywistości, a wprowadzone uproszczenia mogą negatywnie wpłynąć na jakość uzyskanych rezultatów.

W kolejnym rozdziale niniejszej książki zaprezentowane zostaną bardziej rozbudowane metody selekcji, odwołujące się do większej liczby kryteriów i wykorzystujące zaawansowane algorytmy obliczeniowe, pozwalające na podejmowanie decyzji wielokryterialnych, które uwzględniają zależności pomiędzy poszczególnymi kryteriami i lepiej odzwierciedlają złożoność realiów technologicznych.

Ogólny schemat procesu O-R-S dla technologii przedstawia rysunek 1.



Rysunek 1. Proces oceny, rankingowania i selekcji technologii. Źródło: opracowanie własne na podstawie: F.T.S. Chan, M.H. Chan, N.K.H. Tang (2000): *Evaluation methodologies for technology selection*, Journal of Materials Processing Technology, nr 107, s. 331.

1.4. Przedmiot oceny, rankingowania i selekcji

Zagadnienie oceny, rankingowania i selekcji technologii może być odmiennie interpretowane przez różne osoby, dlatego wskazane wydaje się wprowadzenie rozróżnienia pomiędzy trzema podstawowymi scenariuszami wyboru:

- 1) **selekcją właściwych technologii** – obecnie dostępnych, posiadających określone parametry, zastosowania i potencjał rozwoju;
- 2) **selekcją projektów badawczo-rozwojowych, prowadzących do stworzenia technologii** – związanych z niepewnością, brakiem możliwości jednoznacznego określenia parametrów technologii i koniecznością ponoszenia dalszych nakładów;
- 3) **selekcją kierunków badań nad technologiami** – związanych z długookresowym planowaniem działalności, analizą przewag, słabości, szans i zagrożeń oraz oceną potencjału danego kierunku.

Pierwszy z wymienionych scenariuszy – selekcja właściwych technologii – pozwala na opartą na danych empirycznych ocenę aktualnych parametrów technologii i potencjału jej rozwoju. Znajduje zastosowanie wtedy, gdy ocenie ma podlegać zbiór istniejących rozwiązań technicznych, portfolio posiadanych przez organizację technologii, produktów lub opatentowanych wynalazków. Ocena, rankingowanie i selekcja wymagają dokonania pomiarów odpowiednich parametrów technologii, organizacji i jej otoczenia rynkowego lub zastosowania ocen eksperckich dla określenia wartości niektórych spośród tych parametrów.

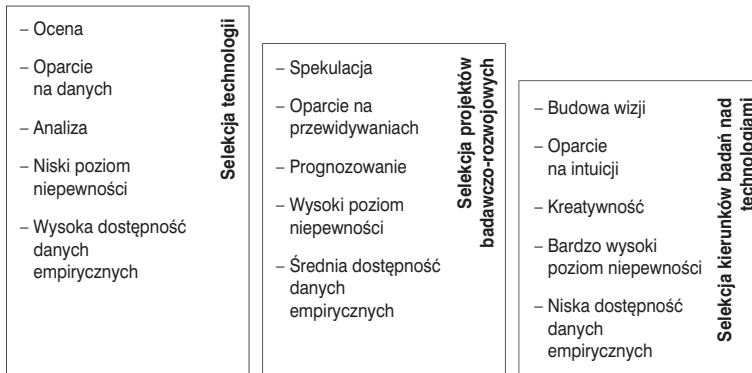
Drugi wariant, dotyczący selekcji projektów badawczo-rozwojowych, koncentruje się na probabilistycznej ocenie przyszłych, oczekiwanych rezultatów projektu rozwoju technologii oraz potencjału komercjalizacji tych rezultatów. Często ma charakter spekulatywny i opiera się na założeniach dotyczących przyszłych stanów i zdarzeń. Źródłem ocen są zwykle opinie ekspertów – indywidualnych specjalistów, zatrudnionych przez organizację (np. pracownicy działu B+R, specjaliści ds. marketingu i sprzedaży), albo zewnętrznych zespołów eksperckich. Ocena uwzględnia zwykle prognozy dotyczące harmonogramu projektu (w tym momentów osiągnięcia kamieni milowych), kosztów projektu badawczego i przychodów z przyszłej komercjalizacji.

Trzecie spośród wymienionych podejść odnosi się do selekcji szeroko zdefiniowanych kierunków badań nad technologiami. Jego podstawą jest odpowiednia diagnoza organizacji i jej otoczenia oraz zrozumienie potencjału rozwoju danego kierunku badań. Ze względu na wysoki poziom niepewności i ograniczoną dostępność danych empirycznych dokonujący selekcji muszą stworzyć rozbudowaną wizję przyszłej rzeczywistości technologicznej, społecznej i rynkowej. Ta wizja może oczywiście okazać się nietrafna, a jej realizacja uzależniona będzie od zaistnienia wielu innych zdarzeń, które podejmują decyzje. Selekcja właściwych technologii może oprzeć się na analizie danych, a selekcja projektów badawczo-rozwojowych na prognozach, opartych na przyjętych założeniach i ekstrapolacji wcześniejszych szeregów czasowych, podczas gdy selekcja kierunków badawczych wymaga raczej kreatywności i wizjonerstwa, nie mogąc oprzeć się na danych ilościowych, faktograficznych lub technicznych.

Porównanie trzech omówionych scenariuszy selekcji prezentuje rysunek 2.

Niniejsze opracowanie poświęcone będzie przede wszystkim pierwszemu z wymienionych scenariuszy – oceny, rankingowania i selekcji konkretnych, istniejących technologii, czyli wyzwaniu, przed którym staje wiele organizacji sektora badawczo-rozwojowego w Polsce. Przedstawione techniki znajdują zastosowanie w odniesieniu do wymiernych rezultatów prac B+R, dla których dostępne są dane empiryczne, opisujące parametry technologii, procesów jej wytwarzania i potencjalnego rynku. Niektóre spośród proponowanych w książce kryteriów selekcji mogą przydać się również do wyboru projektów badawczych oraz kierunków badań, jednak te scenariusze wymagają odmiennego podej-

ścia do procesów podejmowania decyzji (Liao, Witsil, 2008). Zaproponowane w dalszych rozdziałach warianty algorytmu O-R-S będą odnosić się również do selekcji projektów B+R oraz kierunków badań nad technologiami, jednak nie są to podstawowe zastosowania opracowanych kryteriów i algorytmu.



Rysunek 2. Trzy scenariusze selekcji technologii, projektów badawczo-rozwojowych i kierunków badań nad technologiami. Źródło: opracowanie własne.

Na dodatkową uwagę zasługuje przypadek rankingowania technologii embrionalnych¹ lub wyłaniających się (ang. *emerging technologies*). Ta nazwa stosowana jest w literaturze w odniesieniu do dwóch zjawisk. Pierwsza z interpretacji odnosi się do już istniejących, innowacyjnych technologii o dużym potencjale wprowadzenia zmian na rynku, podlegających dynamicznemu rozwojowi. Drugie rozumienie pojęcia technologii embrionalnych (wyłaniających się) może oznaczać nowe, jeszcze nie do końca rozpoznane kierunki badań, w których brakuje nadal wymiernych wyników badań czy rozwiązań technicznych².

Niniejsze opracowanie będzie odnosić się do istniejących i dalej doskonalonych technologii, obejmując również przypadki technologii embrionalnych (wyłaniających się). Uwzględnione zostaną w nim m.in. dedykowane metody analityczne, przeznaczone do selekcji i rankingowania rozwiązań, które można scharakteryzować jako *emerging technologies*. Z kolei w sytuacjach, gdy dana technologia jeszcze nie istnieje, mamy do czynienia jedynie z planami stworzenia technologii, które przekładają się na projekt badawczo-rozwojowy lub kierunek

¹ Autor dziękuje recenzentce książki, Pani Profesor Lidii Białoń, za propozycję użycia określenia „technologii embrionalnych” jako odpowiednika angielskiego określenia *emerging technologies*.

² Taka interpretacja nie jest w pełni poprawna w świetle dorobku dyscypliny zarządzania technologiami, jednak często pojawia się w publikacjach popularnych.

przyszłych badań. Te przypadki nie będą nadawały się do rankingowania przy wykorzystaniu technik opisywanych w niniejszym opracowaniu.

1.5. Znaczenie kontekstu oceny

Ocena, rankingowanie i selekcja technologii muszą być prowadzone „w ramach systemu mającego zdefiniowany cel” (ang. *within a system for a defined purpose*) (Shehabuddeen, Probert, Phaal, 2006, s. 325). Oznacza to, że kryteria pozwalające na identyfikację najlepszej technologii i uszeregowanie analizowanych technologii w rankingu są uzależnione od kontekstu oceny (Lucheng, Xin, Wenguang, 2010, s. 78), który obejmuje m.in.:

- planowany sposób wykorzystywania technologii (cel dokonywania selekcji),
- charakterystyki podmiotu dokonującego oceny,
- charakterystyki organizacji, mającej korzystać z wyników oceny,
- uwarunkowania w otoczeniu tej organizacji.

Przykładowo, odmienne preferencje, kryteria i sposób ich oceny będą dotyczyły różnych scenariuszy planowanego wykorzystania technologii: w celu podjęcia projektu badawczo-rozwojowego, mającego udoskonalić technologię, w celu rozpoczęcia jej wytwarzania lub w celu wdrożenia dla zaspokojenia wewnętrznych potrzeb organizacji. Ze względu na uwarunkowania organizacyjne i rynkowe możliwe jest dokonanie wyboru technologii, która innym oceniającym organizacjom będzie wydawać się relatywnie mniej atrakcyjna. Filozof Hans Jonas, zajmujący się zagadnieniem odpowiedzialności, zwraca uwagę na to, że przedmioty (w tym technologie) nie mają swojego własnego, immanentnego celu – ewentualny cel czy zamierzone zastosowanie wynika z pomysłu twórcy danego przedmiotu i to twórca lub użytkownik ma określony cel (Jonas, 1996, s. 105–106). Może to w praktyce oznaczać wielość możliwych zastosowań technologii, a także problemy z oceną konsekwencji ich stosowania. Jonas przytacza przykład młotka, który może służyć do przybijania rzeczy, jednak konkretni użytkownicy mogą znaleźć dla niego zgoła odmienne zastosowania (Jonas, 1996, s. 105). Relatywnie proste narzędzie, jakim jest młotek, może mieć więc wiele różnych zastosowań, a złożone technologie mogą być wykorzystywane do różnych celów, w różnych kontekstach społecznych i gospodarczych.

Priorytetyzacja technologii będzie przebiegać różnie – w zależności od poziomu analiz, rodzajów i zastosowań poddawanych analizie obiektów. Najczęściej dokonuje się ocen technologii z punktu widzenia przedsiębiorstw i instytucji badawczych – pojedynczych organizacji sektora B+R. Możliwe są jednak analizy z poziomu grupy organizacji (np. klastra, sieci partnerskiej, łańcucha dostaw), branży, regionu, gospodarki narodowej lub grupy państw. Zwykle poszerzeniu

zakresu analiz towarzyszy mniejsza szczegółowość, odnoszenie się do ogólnie określonych typów technologii, a nie ich specyficznych wariantów. Pojedyncze przedsiębiorstwo lub instytut badawczy może dokonać rankingowania bardzo szczegółowo zdefiniowanych rodzajów technologii, którymi się zajmuje, podczas gdy instytucje administracji publicznej zwykle ograniczają się do dokonania wyboru pomiędzy szerokimi grupami technologicznymi.

Znaczenie w procedurze selekcji może mieć również kontekst kulturowy i geograficzny. Organizacja publicznego sektora B+R w Polsce przy dokonywaniu wyboru odpowiednich technologii weźmie pod uwagę kryteria, które mogą nie mieć znaczenia dla wspieranych przez fundusze *venture capital* firm w Dolinie Krzemowej, ze względu na ograniczone możliwości ponoszenia nakładów na dalszy rozwój technologii przed jej ewentualnym wprowadzeniem na rynek.

Istotną rolę przy doborze odpowiednich kryteriów i przeprowadzaniu oceny technologii będzie odgrywać także specyfika organizacji oceniającej, jej kluczowe kompetencje, posiadane portfolio technologii i produktów, wiedza i umiejętności pracowników działów B+R oraz produkcji, zdolności absorpcyjne organizacji, które pozwalają na przyswajanie nowych technologii (Cohen, Levinthal, 1990, s. 128–152), dotychczasowa baza klientów i ich oczekiwania, strategia organizacji (w tym m.in. ewentualne decyzje o dywersyfikacji działalności, wchodzenia w nowe obszary technologiczne, czy też koncentracji na dotychczas obsługiwanych grupach odbiorców i poszukiwaniu udoskonaleń w ramach obecnych grup produktowych), wreszcie poziom akceptowanego ryzyka i gotowość zaangażowania się w rozwój radykalnie nowych technologii.

Ze względu na wymienione uwarunkowania organizacyjne może się zdarzyć, że technologie postrzegane przez wielu obserwatorów jako obiecujące, w wyniku procesów formalnej selekcji nie będą przez daną organizację traktowane jako priorytetowe. Może przykładowo dojść do rozbieżności między oceną potencjału technicznego a oceną możliwości lub celowości skutecznej komercjalizacji danej technologii w ramach danej organizacji. Do sposobów radzenia sobie z takimi wynikami selekcji należą: wyodrębnianie spółek odpryskowych (ang. *spin-off*), które zajmą się dalszym rozwojem technologii, niedostatecznie dopasowanej do profilu działalności macierzystej organizacji, licencjonowanie technologii innym uczestnikom rynku, jak również rezygnacja z rozwoju i prób komercjalizacji technologii. Jednocześnie może okazać się, że inna organizacja, dokonująca oceny zbliżonego zestawu technologii, ze względu na odmienne preferencje stworzy inny ranking, a technologię odrzucaną przez swojego konkurenta uzna za najbardziej obiecującą.

W związku z powyższymi wątpliwościami należy pamiętać, że nie jest możliwe udzielenie satysfakcjonującej odpowiedzi na pytanie:

- „Które technologie są najlepsze?”
bez zdobycia dodatkowych wyjaśnień:

- „Najlepsze dla kogo?”
- „Najlepsze w jakim celu?”
- „W jakich okolicznościach dokonywana jest ocena?”

Popularne poradniki i podręczniki zarządzania technologiami wspominają wprawdzie o tym, że ocena technologii opiera się zwykle na kryteriach kosztów, korzyści i ryzyka, jednak rzeczywisty proces oceny jest o wiele bardziej złożony, a niniejsze opracowanie zaprezentuje bogaty przegląd możliwych kryteriów i metod rankingowania i selekcji technologii.

Złożoność sytuacji selekcji technologii wiąże się dodatkowo także z aspektami etycznymi podejmowanych decyzji. Kryteria techniczne i ekonomiczne nie powinny pozostawać jedynymi podstawami do priorytetyzacji rozwiązań technologicznych. Na szczególną uwagę zasługuje zagadnienie społecznej odpowiedzialności twórców, dostawców i użytkowników technologii, nierozłącznie powiązane z kontekstem jej tworzenia i stosowania. Ta odpowiedzialność może dotyczyć m.in. wpływu na życie i zdrowie ludzi, na rozwój społeczny, utrzymywanie pokoju, bezpieczeństwa i demokracji, jak również równowagi w środowisku naturalnym. Właśnie kryteria ekologiczne są w ostatnich latach istotnym elementem oceny technologii; skłaniają oceniających do uwzględniania wpływu procesów badań, wytwarzania, użytkowania i utylizacji technologii na środowisko. Dlatego zostaną one szczegółowo omówione w tej części opracowania, która wskazuje możliwe kryteria oceny.

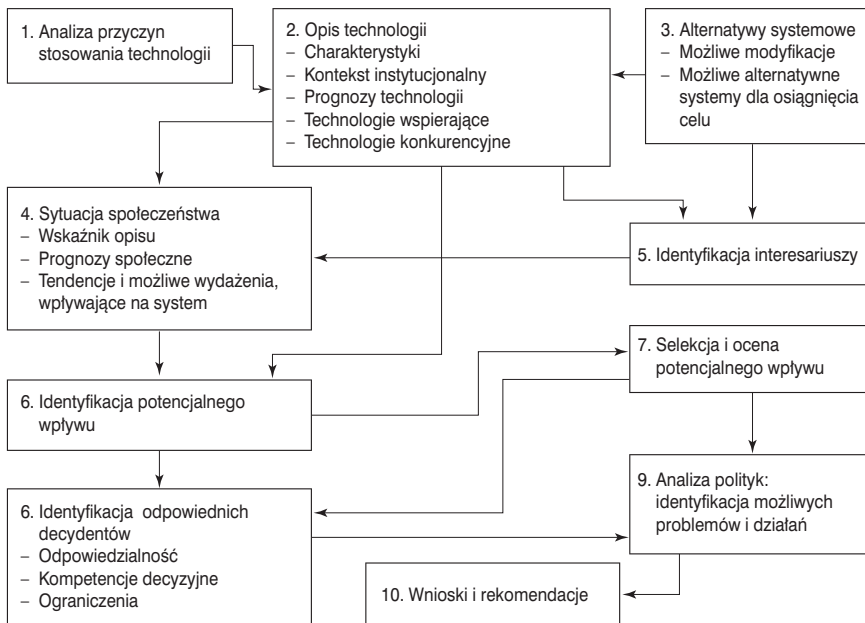
1.6. Techniki zbliżone do oceny, rankingowania i selekcji technologii

Ten podrozdział zawiera skrócony przegląd metod, które są zbliżone do oceny, rankingowania i selekcji technologii, zwykle jednak wykorzystywane są do innych celów oraz opierają się na odmiennych założeniach metodologicznych. Do tych technik należą: ocena technologii (ang. *technology assessment*), *foresight* technologiczny, analiza map drogowych technologii (ang. *technology roadmapping*) oraz eksploracja danych o technologiach (ang. *tech mining*), nawiązująca do technik bibliometrycznych³.

Techniką pokrewną do rankingowania i selekcji technologii jest **ocena technologii** (ang. *technology assessment*, **TA**), rozwinięta w Stanach Zjednoczonych

³ Szczegółowy przegląd innych metod, uzupełniających omawiane w niniejszym opracowaniu techniki selekcji i rankingowania technologii, oferują Tran i Daim (2008, s. 1396–1405). Wiele spośród tych metod nie znajduje bezpośredniego zastosowania do problemu wyboru i priorytetyzacji technologii; nadaje się raczej do oceny złożonych konsekwencji rozwoju i stosowania określonej technologii, albo może stanowić ogólne narzędzie, wspierające podejmowanie decyzji w zarządzaniu technologiami.

w latach 60. XX wieku. TA jest interpretowana jako analiza społecznych konsekwencji wprowadzania i upowszechniania nowych technologii, prowadzona w celu ukierunkowania polityk i decyzji administracji publicznej. Szczególne znaczenie w TA ma identyfikacja konsekwencji niekorzystnych, sprzecznych z intencjami twórców technologii oraz skutków ubocznych. Joseph F. Coates zwraca uwagę na systematyczny charakter studiów w obszarze TA oraz konieczność analizy konsekwencji społecznych, które mogą wystąpić, gdy technologia zostanie wprowadzona lub udoskonalona, ze szczególnym uwzględnieniem konsekwencji niezamierzonych, pośrednich i występujących z opóźnieniem (Coates, 1998, s. 39). Typowy przebieg procesu oceny technologii prezentuje rysunek 3.



Rysunek 3. Proces oceny technologii (*technology assessment*). Źródło: J.F. Coates (1998): *Technology assessment as guidance to governmental management of new technologies in developing countries*, Technological Forecasting and Social Change, nr 58, s. 41.

Warto zwrócić uwagę na rozmycie pojęcia *technology assessment* w literaturze – niektórzy badacze utożsamiają selekcję i ocenę technologii, a pod hasłem „TA” rozumieją ilościową ocenę i wybór najlepszych rozwiązań (La Porte, 1997, s. 201), choć taka interpretacja odbiega od dominującego dorobku badawczego dyscypliny. Wspomniany Lech W. Zacher, reprezentujący nurt badań nad TA, sugerował nawet utożsamienie pojęć oceny, ewaluacji i wartościowania technologii (Zacher, 1984, s. 9). Ze względu na zaprezentowane niejasności, niektórzy

autorzy stosują określenie „analiza wpływu technologii” (ang. *technology impact analysis*) (Meadows, 1979, s. 199–212). Przydatną technikę analityczną, wspierającą *technology assessment* rozumianą jako ocenę skutków wprowadzenia i stosowania technologii, oferuje nurt badawczy dynamiki systemów (ang. *systems dynamics*), pozwalający na budowę modeli opisujących sieci sprzężeń zwrotnych i wspierających analizę wzajemnych oddziaływań zjawisk społecznych (Musango, Brent, 2011, s. 87).

Technika *technology assessment* znajduje tylko ograniczone zastosowanie w odniesieniu do analizy radykalnie nowych, wyłaniających się technologii (technologii embrionalnych), których możliwości i przyszłe zastosowania nie są jeszcze dostatecznie dobrze znane (Lucheng, Xin, Wenguang, 2010, s. 78), gdyż ocena konsekwencji ich wdrażania i stosowania technologii może opierać się jedynie na niepodpartych analizami empirycznymi spekulacjach.

Kolejnym zbliżonym do selekcji i rankingowania podejściem jest **foresight technologiczny** (ang. *technology foresight*). Może uzupełniać klasyczną ocenę istniejących technologii jako proces zorientowany na przyszłość, ukierunkowany na współtworzenie wizji przyszłości technologicznej, wybór strategicznych kierunków rozwoju lub inwestycji i identyfikację preferowanych obszarów technologicznych. Zgodnie z definicją zaproponowaną przez Coatesa „foresight jest procesem, poprzez który możemy lepiej zrozumieć siły, które kształtują daleką przyszłość, który powinien być brany pod uwagę podczas tworzenia polityki, planowania i podejmowania decyzji. Foresight obejmuje jakościowe i ilościowe środki monitorowania wskazówek i wskaźników zmieniających się trendów i osiągnięć i jest najbardziej skuteczny w bezpośrednim połączeniu z analizą implikacji polityk” (FORMAKIN, 2010, s. 43). Zespół europejskich badaczy, uczestniczący w projekcie FORMAKIN, proponuje alternatywną definicję, zgodnie z którą „foresight to celowo zorganizowany proces, łączący oczekiwania różnych aktorów, dotyczące danej technologii, w celu sformułowania strategicznych poglądów dotyczących przyszłości, uwzględniających różnorodne osiągnięcia społeczne i ekonomiczne” (FORMAKIN, 2010, s. 43; por. również: Rogut, Piasecki, 2011, s. 9–10). Zgodnie z zaprezentowanymi definicjami *foresight* nie polega zwykle na wyborze specyficznych, ściśle określonych technologii, koncentrując się raczej na wskazywaniu możliwych i preferowanych kierunków rozwoju. W odróżnieniu od sformalizowanych procedur oceny i priorytetyzacji technologii *foresight* zakłada aktywny wpływ na rozwój technologii oraz tworzenie świadomości technologicznej wśród twórców i użytkowników technologii. Nie ogranicza się do zobiektywizowanej analizy i oceny, obejmując też dynamiczne kształtowanie technologii.

Studia *foresight* mogą być postrzegane jako zbiorowy proces uczenia się i gromadzenia wiedzy na temat otoczenia technologicznego – nie tylko ocena technologii, ale też rozumienie rzeczywistości technologicznej, społecznej i eko-

onomicznej. Istotnym ich elementem jest włączenie szerokiego grona ekspertów i interesariuszy, których „zbiorowa inteligencja” jest wykorzystywana w procesach analiz i podejmowania decyzji. Cel stanowi budowa wizji, która będzie uwzględniała wiele różnych perspektyw, reprezentowanych przez poszczególnych ekspertów i interesariuszy, będzie dla nich akceptowalna oraz pozwoli im na podjęcie odpowiednich działań.

Do problemów związanych ze stosowaniem techniki *foresight* należy jej spekulatywny charakter, zajmowanie się wizjami i potencjalnymi, przyszłymi możliwościami technologii, a nie systematyczna ocena obecnie dostępnych rozwiązań. Wynik tego intersubiektywnego procesu, opartego na pracy zespołów eksperckich, jest uzależniony od wiedzy, doświadczeń i trafności sądów zaangażowanych osób. Sam proces jest kosztowny i zwykle trudny do regularnego powtarzania, zwłaszcza gdyby pojawiła się nagła potrzeba uwzględnienia dodatkowych technologii lub wariantów ich rozwoju. Z tych powodów *foresight* stosowany jest zwykle na poziomie narodowym lub regionalnym, podczas gdy indywidualne organizacje rzadko decydują się na samodzielnie przeprowadzenie takich studiów.

Wyniki analiz *foresight* z poszczególnych krajów są zwykle ogólnodostępne i nie zawsze wydaje się wskazane ich powielanie. Można założyć, że wnioski wyciągnięte przez wieloosobowy panel ekspercki, złożony z wybitnych specjalistów branżowych w Japonii czy Stanach Zjednoczonych, są wystarczającym punktem wyjścia do podejmowania decyzji strategicznych przez organizacje polskie, które nie muszą samodzielnie powtarzać podobnego, kompleksowego procesu. Warto też pamiętać, że w odniesieniu do ściśle określonych technologii, mających wysoki potencjał komercyjny, ich analiza w ramach procesu *foresight* może być szczególnie niekorzystna dla organizacji-właściciela technologii ze względu na konieczność upowszechnienia informacji na temat technologii i przyszłych jej zastosowań, które może ułatwić imitację.

Technika budowy map drogowych technologii (ang. *technology roadmapping*) to ukierunkowany na przyszłość proces rzutowania na linię czasu oczekiwanych zmian w produkcie/technologii i procesie jego wytwarzania (Coates i in., 2001, s. 9; McMillan, 2003, s. 40–47). *Roadmapping* ułatwia planowanie rozwoju produktu, pomaga porównać inicjatywy podejmowane przez daną organizację z działaniami innych dostawców (pod warunkiem posiadania odpowiednich informacji), dyscyplinuje i wspiera harmonogramowanie w projektach rozwoju technologii (Oliveira, Rozenfeld, 2010, s. 1340–1341). Zwykle dotyczy krótszej perspektywy czasowej i lepiej doprecyzowanych zmian niż studia *foresight*, jednak podobnie do *foresightu* jest związany z budową scenariusza przyszłego rozwoju konkretnej, już wybranej technologii, a nie bezpośredniego wyboru technologii. Niektórzy autorzy rozmywiają jednak granice praktyki *technology roadmapping* i sugerują, że może ona ułatwić organizacjom wybór odpowiednich technologii

i projektów badawczo-rozwojowych, które pozwolą na zaspokojenie potrzeb uczestników rynku (Lee, Yoon, Lee, Park, 2009, s. 770).

Technika eksploracji danych technologicznych (ang. *tech mining*) opiera się na wykorzystaniu technik bibliometrycznych w celach związanych z zarządzaniem technologiami i badaniami naukowymi. Bibliometria to zbiór technik badawczych, pozwalających na ilościową analizę publikacji, w tym publikacji naukowych i patentów (Klincewicz, Żemigąła, Mijał, 2012, s. 14). *Tech mining* wykorzystuje bazy bibliograficzne i patentowe w celu monitorowania rozwoju badań naukowych i technologicznych, identyfikacji najważniejszych aktorów na scenie innowacji, wyodrębniania najbardziej obiecujących, dynamicznie rozwijających się obszarów badawczych oraz prognozowania dalszego rozwoju badań (Klincewicz, Żemigąła, Mijał, 2012, s. 97–99). Technika jest przeznaczona do wyboru przyszłych kierunków badań oraz oceny własnej pozycji na tle innych, konkurujących organizacji. Nie nadaje się do bezpośredniego porównywania i rankingowania technologii, gdyż zajmuje się jedynie analizą ich naukowych podstaw oraz zasobów opatentowanych wynalazków. Szczegółowe techniki bibliometryczne mogą jednak okazać się przydatne jako podstawa do budowy niektórych kryteriów selekcji technologii, dlatego w dalszej części opracowania zostaną zaprezentowane możliwości ich wykorzystania.

Analizy luki technologicznej były szczególnie popularnym w Polsce, ilościowym podejściem do analiz technologii na poziomie zagregowanym. Luka technologiczna odzwierciedla różnicę między najwyższym poziomem rozwoju danej technologii, jaki został osiągnięty w innych krajach świata, a poziomem rozwoju, który osiągają organizacje z badanego kraju (Rosłanowska-Plichcińska, 1987, s. 33–34; więcej o pojęciu luki technologicznej w: Grudzewski, 1985). Punktem wyjścia do określenia tej luki musi być pomiar poziomu technologii (stanu technologicznego) (Rosłanowska-Plichcińska, 1987, s. 81–83), który może wykorzystywać techniki zbliżone do opisywanych w niniejszej książce (por. Białoń, 1982), choć analizy luki technologicznej dotyczyły zwykle szerokich grup technologii i nie poddawano analizom szczegółowych cech indywidualnych rozwiązań.

1.7. Wyzwania procesu selekcji i rankingowania technologii

Podstawowym wyzwaniem analitycznym jest dokonanie selekcji i wybór odpowiednich technologii w warunkach niepewności (Cowan, 1991). Źródłem problemów jest tzw. dylemat Collingridge'a (Liebert, Schmidt, 2010): w odniesieniu do nowych, dynamicznie rozwijających się technologii, w początkowych fazach cyklu ich rozwoju pojawia się ogromna i trudna do uwzględnienia w analizach liczba możliwych rozwiązań i przyszłych szans ukształtowania funkcjonalności

i możliwości technologii, podczas gdy technologie dojrzałe, dostatecznie uformowane, oparte na szeroko akceptowanych standardach, mają oczywiste, ale też ograniczone cechy i zastosowania (Merkerk, Smits, 2008, s. 313).

Początkowa różnorodność i niejasność są typowymi cechami nowych technologii, określanymi w literaturze mianem elastyczności interpretacyjnej (ang. *interpretative flexibility*) (Bijker, Hughes, Pinch, 1989, s. 40–44). Utrudnia ona stosowanie klasycznych podejść do oceny i selekcji technologii wobec braku jednoznacznych informacji o tym, jak w niedalekiej i bardziej odległej przyszłości będzie kształtować się funkcjonalność danej technologii (Merkerk, Smits, 2008). Istotnym problemem może być też wieloznaczność (ang. *ambiguity*) i rozbieżność opinii eksperckich w odniesieniu do nowych, nie w pełni ukształtowanych obiektów oceny (Azzone, Manzini, 2008, s. 1325). Zjawisko zmienności może dotyczyć jednak także technologii dojrzałych, które nadal mogą podlegać rozwojowi, a lista ich potencjalnych zastosowań i funkcji nie jest zbiorem zamkniętym.

Wyzwaniem procesów selekcji i rankingowania wielu technologii może być również niejednoznaczność ocen. Klasyczne modele decyzyjne wymagają przypisania jednoznacznych, liczbowych wartości do poszczególnych kryteriów, wykorzystywanych w procesach oceny. Taka jednoznaczność bywa jednak trudna do osiągnięcia, zwłaszcza gdy oceny dokonuje wieloosobowy zespół ekspertów lub gdy oceniający napotykają ograniczoną dostępność danych. Przykładowo, brak niezależnych analiz dotyczących określonych parametrów technicznych technologii lub poufność danych o sprzedaży tej technologii mogą utrudnić przeprowadzenie odpowiedniej oceny (Chan, Chan, Tang, 2000, s. 330).

Wykorzystanie ocen eksperckich jest dodatkowo obciążone prawdopodobieństwem błędu ze względu na ograniczoną racjonalność i wiedzę osób dokonujących oceny. Osoby postrzegane jako eksperci i zaangażowane w proces oceny mogą nie mieć pełnej wiedzy, dotyczącej ostatnich zmian technologii lub aktualnej sytuacji na rynku technologicznym. Negatywny wpływ na jakość ich ocen może mieć też sam sposób gromadzenia danych, zwłaszcza gdy wybitny specjalista nie poczuwa się do zaangażowania w merytoryczną ocenę, a jedynie odpowiada w niezobowiązujący sposób na pytania (albo co gorsza traktuje ocenę jako uciążliwy obowiązek). Zespołowe techniki oceny eksperckiej również nie gwarantują obiektywizmu i kompetencji – ich wynik jest po prostu uśrednieniem ocen indywidualnych, a próby uzgodnienia ocen w przypadku wystąpienia rozbieżności (np. w technice delfickiej) niekoniecznie oznaczają, że pod uwagę będą brane wszystkie wątpliwości i opinie. Dobrze, gdy opinie dotyczące oceny technologii gromadzone są z różnych źródeł, w tym od naukowców zajmujących się pokrewnym obszarem badań technologicznych, użytkowników, wytwórców oraz specjalistów zajmujących się analizą rynku, gdyż odpowiednie zróżnicowanie może lepiej odzwierciedlać wielość opinii na temat oceny tego

samego kryterium. W ramach możliwości warto przynajmniej dla niektórych ocenianych kryteriów poszukiwać zobiektywizowanych wskaźników ilościowych, których wartość nie będzie uzależniona od opinii ekspertów. Takie wskaźniki mogą opierać się np. na danych o sprzedaży, udziale w rynku, liczbie użytkowników referencyjnych, parametrach odzwierciedlających wydajność technologii czy zasobach literatury patentowej.

Kolejny problem mogą stanowić relacje podmiotu dokonującego oceny z dostawcami technologii, którzy mogą wpłynąć na wynik procesu priorytetyzacji. Twórcy i dostawcy technologii wykazują skłonność do preferowania własnych rozwiązań i ich przesadnie optymistycznej oceny na tle alternatywnych technologii. Taką tendencję można wyjaśnić przez psychologiczny mechanizm myślenia życzeniowego (ang. *wishful thinking*) (Tyszka, 2000, s. 186–189), przejaw błędu decyzyjnego osoby lub organizacji dokonującej oceny. W sytuacji konkurencji rynkowej wyolbrzymianie korzyści związanych z własnymi technologiami może jednak być związane z naturalną tendencją do jak najlepszego prezentowania swojej oferty produktowej przez dostawców. Procesem oceny, rankingowania i selekcji technologii można manipulować poprzez odpowiedni dobór alternatyw – technologii stanowiących podstawę porównań, które mogą prezentować daną technologię „w lepszym świetle” (Barbieri, Hawkins, Sculpher, 2009, s. 194). Takie działanie bywa podejmowane świadomie przez niektórych dostawców w celu promocji własnych rozwiązań, ale w przypadku analiz prowadzonych wewnętrznie, dla potrzeb planowania strategicznego organizacji, może być wynikiem nieświadomych błędów decyzyjnych, braku odpowiedniego punktu odniesienia przy porównywaniu technologii. Źródłem możliwych błędów decyzyjnych w procesie selekcji technologii jest też sam charakter tego procesu, obejmujący element rytualizacji, która sprzyja dokonywaniu nie zawsze uzasadnionych ocen (Tingling, Parent, 2004, s. 330).

ROZDZIAŁ 2

Przykładowe kryteria oceny, rankingowania i selekcji technologii – przegląd literatury

KRZYSZTOF KLINCEWICZ

2.1. Ocena technologii z naciskiem na jej aspekty techniczne

Kryteria oparte na dorobku badań w obszarze zarządzania technologiami

Dyscyplina zarządzania technologiami oferuje bogaty zbiór modeli, dotyczących porównywania, oceny, priorytetyzacji i selekcji technologii. Poszczególne modele i koncepcje teoretyczne odnoszą się zwykle do pojedynczych kryteriów, które mogą zostać zastosowane przy rankingowaniu. Poniżej zaprezentowano zestawienie najbardziej typowych charakterystyk, pozwalających na zróżnicowanie technologii, opartych na przeglądzie literatury (por. m.in. Gerpott, 1999, s. 26–27):

1) Obszar zastosowania:

- a. technologie produktowe – związane z nowymi lub znacząco udoskonalonymi charakterystykami produktu, pozwalające zaoferować potencjalnym użytkownikom niedostępne do tej pory funkcje i korzyści;
- b. technologie procesowe – dotyczące nowych lub znacząco udoskonalonych metod wytwarzania produktów lub dostarczania usług;

2) Współzależności:

- a. technologie komplementarne (uzupełniające już istniejące rozwiązania) – wymagające do poprawnego funkcjonowania posiadania przez użytkownika również innej technologii i uzupełniające jej funkcjonalność, np. urządzenia peryferyjne, wykorzystywane wspólnie z komputerami lub telefonami komórkowymi, dodatkowe wyposażenie samochodów, nakładki na urządzenia laboratoryjne i maszyny wykorzystywane w procesach produkcyjnych, dodatkowe moduły oprogramowania;
- b. technologie substytucyjne/konkurencyjne – analizowane jako alternatywy wobec technologii, będącej podstawą dla porównań, np. różne odmiany

oprogramowania komputerowego, alternatywne konfiguracje linii produkcyjnej, warianty technologiczne korzystające z odnawialnych źródeł energii;

3) Charakter współzależności:

- a. technologie pojedyncze – gdy użytkownik potrzebuje tylko jednego urządzenia lub komponentu do pełnego wykorzystania funkcji technologii, np. urządzenia laboratoryjne dla mniej złożonych procesów lub wielofunkcyjne maszyny produkcyjne, które nie wymagają żadnych dodatkowych komponentów (często określane mianem „urządzeń kompaktowych”);
- b. technologie o charakterze systemowym – nadające się do wdrożenia i wykorzystywania jedynie w powiązaniu z innymi, komplementarnymi technologiami – składnikami większego systemu technologicznego, np. przez połączenie wielu urządzeń produkcyjnych, sprzętu z oprogramowaniem, lub urządzeń różnego rodzaju;

4) Faza cyklu życia:

- a. obiecujące, rozpoczynające rozwój technologie (ang. *bleeding edge technologies*) – związane z dużą niepewnością, która może dotyczyć przyszłych parametrów technicznych, akceptacji rynku, powstania standardów wspierających lub utrudniających dyfuzję danej technologii, czy wreszcie trudnych do przewidzenia konsekwencji jej stosowania, ale jednocześnie postrzegane jako potencjalne źródło ponadprzeciętnych zysków dla jej twórców i pierwszych użytkowników;
- b. technologie powszechnie przyjęte jako standard (ang. *state-of-art technologies*) – rozpowszechnione na rynku i ze względu na doświadczenia wcześniejszych użytkowników, niepostrzegane jako obciążone dużym ryzykiem wdrażania i stosowania;
- c. technologie przestarzałe (ang. *obsolete technologies*) – posiadające szeroką bazę wcześniejszych użytkowników, którzy jednak stopniowo wycofują się ze stosowania danej technologii, zastępując ją nowszymi alternatywami; wykorzystanie technologii tego typu może być uzasadnione ekonomicznie ze względu na ich relatywnie niższe ceny, zwłaszcza gdy nie wydaje się konieczne stosowanie technologii o najlepszych możliwych parametrach;

5) Zakres udoskonaleń:

- a. technologie nowe – wprowadzające nowe funkcje i korzyści, które nie były wcześniej dostępne w pokrewnych rozwiązaniach technicznych;
- b. technologie udoskonalone – wprowadzające udoskonalenia wybranych charakterystyk znanych wcześniej rozwiązań, np. szybkości działania, energooszczędności, wydajności, trwałości;
- c. technologie przestarzałe – w których nie wprowadzono udoskonalenia i które utraciły swoją atrakcyjność dla wielu potencjalnych użytkowników ze względu na dostępne alternatywy;

6) Zakres zastosowań specjalistycznych:

- a. technologie uniwersalne – mające szerokie zastosowania w wielu obszarach, np. technologia wytwarzania określonego materiału półprzewodnikowego, która może być wykorzystywana do różnorodnych rozwiązań, oferowanych przez firmy elektroniczne; komputer osobisty, który w zależności od wykorzystywanego oprogramowania może znaleźć niezliczone zastosowania praktyczne; proces technologiczny w obszarze biotechnologii, optoelektroniki lub nanotechnologii, mogący być podstawą dla wytwarzania różnych rodzajów produktów;
 - b. technologie specyficzne (dedykowane) – np. technologia wytwarzania podłoży z azotku galu w celu ich wykorzystania w laserach półprzewodnikowych; technologia komputerowego przetwarzania dokumentów poligraficznych w celu bezpośredniego wydruku na maszynach drukarskich, z pominięciem etapu przygotowywania filmu poligraficznego (CtP, *Computer-to-Plate*); technologia wytwarzania powłok antybakteryjnych z nanocząsteczek srebra dla wyposażenia oddziałów szpitalnych;
- 7) Znaczenie dla przedsiębiorstwa:
- a. technologie związane z kluczowymi kompetencjami przedsiębiorstwa – istotne z perspektywy strategii organizacji, prowadzącej analizy: pozwalające mu osiągnąć lub utrzymać przewagę strategiczną, niezbędne dla sprawnego prowadzenia działalności w wybranych przez organizację domenach produktowych, mogące stanowić wyróżniki na tle konkurencji;
 - b. technologie poboczne – wspierające działalność organizacji, niezwiązane jednak bezpośrednio z jej kluczowymi obszarami działalności;
- 8) Związek z produktem:
- a. technologie podstawowe dla danego produktu – stanowiące podstawę dla jego projektowania, wytwarzania lub doskonalenia,
 - b. technologie uzupełniające;
- 9) Ochrona patentowa:
- a. technologie nadające się do ochrony patentowej,
 - b. technologie niepodlegające ochronie patentowej – np. rozwiązania, które nie są nowatorskie, nie reprezentują poziomu wynalazczego, dla których wygasła ochrona patentowa i są dostępne w domenie publicznej, lub nie mogą być patentowane w danym systemie prawnym (np. oprogramowanie komputerowe i metody biznesowe w Polsce, materiał biologiczny w niektórych innych krajach).

Zaprezentowane charakterystyki technologii opierają się na syntezie różnorodnych modeli i podejść teoretycznych, bezpośrednio nie stanowią jednak dostatecznie przejrzystych kryteriów selekcji i rankingowania. Mogą być inspiracją przy doborze odpowiednich kryteriów, ale nie wystarczą jako podstawa do budowy algorytmu selekcyjnego.

Model TRL (*Technology Readiness Levels*), NASA (USA, 1974–1995)

Narodowa Agencja Aeronautyki i Przestrzeni Powietrznej (National Aeronautics and Space Administration – NASA) wprowadziła w latach 70. XX wieku model oceny „poziomów gotowości” czy raczej dojrzałości technologii (ang. *Technology Readiness Levels*), określane skrótem TRL. W latach 90. minionego stulecia skala TRL, przyjęta przez General Accountability Office oraz Departament Obrony Stanów Zjednoczonych, stała się standardem oceny technologii i została szczegółowo opisana.

Skala TRL składa się z dziewięciu poziomów dojrzałości technologii (Mankins, 1995; GAO, 1999, s. 68; Mankins, 2009, s. 1217–1221; Department of Defense, 2011, s. 2–13–2–14):

- 1) Zaobserwowano i opisano podstawowe zasady.
- 2) Sformułowano koncepcję technologii i/lub aplikacji.
- 3) Przeprowadzono odpowiednie analizy, eksperymenty lub stworzono *proof-of-concept*.
- 4) Przeprowadzono testy komponentu lub rozwiązania w warunkach laboratoryjnych.
- 5) Przeprowadzono testy komponentu lub rozwiązania w otoczeniu analogicznym do tego, w którym ma być wykorzystywane.
- 6) Przeprowadzono testy modelu lub demonstrację prototypu w otoczeniu analogicznym do tego, w którym ma być wykorzystywany.
- 7) Przeprowadzono demonstrację prototypu w otoczeniu, w którym ma być wykorzystywany.
- 8) Ukończono realizację właściwego systemu i poddano go testom i demonstracjom.
- 9) Właściwy system przeszedł „próbę ogniową” w wyniku pomyślnego wykorzystania do zamierzonych celów.

Technologie przypisane do poszczególnych poziomów dojrzałości odpowiadają następującym etapom cyklu badawczo-rozwojowego (Britt i in., 2008, s. 676):

- badania podstawowe – TRL 1, TRL 2;
- badania mające na celu potwierdzenie przydatności i wykonalności – TRL 2, TRL 3, TRL 4;
- rozwój technologii – TRL 3, TRL 4, TRL 5;
- demonstracja technologii – TRL 5, TRL 6, TRL 7;
- rozwój systemu/podsystemów technologicznych – TRL 6, TRL 7, TRL 8;
- testowanie, wdrożenie i wykorzystywanie systemu – TRL 8, TRL 9.

Szczegółową listę kontrolną, pozwalającą na przypisanie analizowanej technologii do danego poziomu gotowości wdrożeniowej, zawiera poradnik opracowany przez Missile Defense Agency/Advanced Systems (MDA/DV) (Missile

Defense Agency/Advanced Systems, 2003), a proponowany zestaw pytań został też zaadaptowany w udostępnionym przez Departament Obrony USA arkuszu kalkulacyjnym, wspierającym dokonywanie ocen (Nolte, 2003).

Model TRL opiera się wyłącznie na jednym kryterium – dojrzałości technologii. W przypadku opracowywania modelu oceny, rankingowania i selekcji technologii skala TRL może więc stanowić jedno z wykorzystywanych kryteriów, niezbędne jest jednak odwołanie się przy ocenie technologii również do innych technicznych i biznesowych aspektów.

2.2. Ocena technologii jako decyzja polityczna

Dalsza dyskusja możliwych kryteriów oceny, rankingowania i selekcji technologii będzie koncentrować się na scenariuszu oceny technologii przez organizację – potencjalnego lub obecnego dostawcę lub użytkownika, zainteresowanego komercjalizacją lub wdrożeniem najbardziej adekwatnych technologii. Warto jednak pamiętać o innych, możliwych przypadkach procesu selekcji, zwłaszcza w kontekście tworzenia polityki innowacyjnej i wsparcia publicznego dla działalności badawczo-rozwojowej. Rządowe decyzje o udzieleniu wsparcia mogą opierać się na przesłankach politycznych, związanych np. z dążeniem do zapewnienia bezpieczeństwa technologicznego kraju, wytworzeniem lokalnych alternatyw dla dotychczas importowanych rozwiązań, uzyskaniem argumentów przetargowych w międzynarodowych negocjacjach, które pozwoli na transfer innych technologii lub przyciągnięcie inwestycji zagranicznych. Przykładowo, Branscomb (1993, s. 52–53) proponuje listę kryteriów wyboru technologii, które zasługują na wsparcie publiczne:

- 1) ekonomiczna wartość technologii – szanse na tworzenie miejsc pracy i wzrost dobrobytu narodowego przemysłu, szeroki zakres korzyści ekonomicznych nieobejmujących wyłącznie lidera rynku – głównego dostawcę technologii;
- 2) okazje do uzyskania przewag opartych na różnicowaniu – potencjał wytworzenia barier technicznych lub prawnych, które ochronią pozycję pioniera, rozwijającego technologię (np. stopień komplikacji, know-how, patenty);
- 3) okazje do wpływu na postęp techniczny poprzez interwencję rządową – wysokie prawdopodobieństwo pozytywnych efektów publicznych inwestycji w B+R, zamówień publicznych, subwencji i inicjatyw standaryzacyjnych;
- 4) stosowność interwencji rządowej – w powiązaniu z ekonomicznymi i politycznymi podstawami rynków (m.in. zaburzenie wolnej konkurencji, zasada równości podmiotów);
- 5) niski potencjał do zawłaszczenia (ang. *appropriability*) technologii przez pojedyncze podmioty – uzasadniająca interwencję publiczną, gdyż poszczególni uczestnicy rynku mogą nie zdecydować się na samodzielne inwestycje;

- 6) znaczące korzyści społeczne związane z rozwojem technologii – w tym powstanie dzięki jej wykorzystaniu istotnych dóbr publicznych.

Warto zwrócić uwagę, że pełną ocenę na podstawie przedstawionych powyżej kryteriów może przeprowadzić jedynie instytucja rządowa, świadoma celów politycznych lub priorytetów w danym programie wsparcia. Dodatkowo, zaproponowane kryteria są nieostre, a ocena niektórych z nich nie jest możliwa na bazie danych empirycznych i odwołuje się raczej do intuicji lub preferencji decydentów politycznych.

Zbliżonym przykładem jest propozycja Jacques'a S. Ganslera, zawarta w przygotowanym w schyłkowym okresie zimnej wojny raporcie dla Kongresu Stanów Zjednoczonych, zawierająca propozycję kryteriów identyfikacji technologii krytycznych (ang. *critical technologies*), o szczególnym znaczeniu dla obronności Stanów Zjednoczonych, których selekcja miałaby ułatwić tworzenie budżetu Departamentu Obrony. Te kryteria obejmowały (Branscomb, 1993, s. 51–52):

- 1) test obronności – technologia podstawowa dla kolejnych generacji sprzętu wojskowego;
- 2) test produkcji – istnienie wysokich barier wejścia dla kolejnych firm, decydujących się na podjęcie produkcji;
- 3) test odnawialności – magazynowanie zapasów nie jest praktycznym rozwiązaniem;
- 4) test podatności na problemy – brak alternatywnych źródeł dostaw;
- 5) test powiązań – technologia jest powszechnie stosowana, a jednorazowy zakup nie jest wystarczający;
- 6) test substytucji – nie istnieją substytuty;
- 7) test przewagi rządowej – instytucje rządowe mogą podjąć konkretne kroki w celu zagwarantowania dostępu do technologii.

Przy okazji rozwoju opisywanej wcześniej skali *Technology Readiness Level* Departament Obrony Stanów Zjednoczonych zaproponował też sposób wyodrębniania technologii krytycznych (ang. *critical technologies*, CTE) (Department of Defense, 2005, s. 3–6). W ich identyfikacji pomóc ma udzielenie odpowiedzi na poniższe pytania:

1. Czy technologia bezpośrednio wpływa na sposób prowadzenia działań militarnych?
2. Czy technologia ma znaczący wpływ na poprawę harmonogramu dostaw?
3. Czy technologia ma znaczący wpływ na opłacalność rozwijanego systemu?
4. Czy dana technologia jest niezbędna dla wytworzenia kolejnych komponentów, jeśli występują współzależności między komponentami systemu?
5. Czy technologia jest nowa/innovacyjna?
6. Czy technologia została zmodyfikowana/udoskonalona?

7. Czy technologia została przeprojektowana (ang. *repackaged*) tak, że powstało nowe środowisko techniczne/fizyczne?
8. Czy technologia ma być wykorzystywana w środowisku technicznym/fizycznym innym niż lub osiągać wyniki lepsze niż określono w pierwotnym projekcie lub demonstracji?

Zaproponowana przez DoD zasada identyfikacji technologii kluczowych wymaga, by na pytania 1–4 udzielono odpowiedzi pozytywnych oraz żeby przynajmniej jedna z odpowiedzi na pytania 5–8 również brzmiała „tak” (Department of Defense, 2005, s. 3–7).

Powyższa lista pytań dotyczyła technologii produktowych, podczas gdy w odniesieniu do technologii wytwórczych Departament Obrony proponuje poniższe pytania (Department of Defense, 2005, s. 3–8):

1. Czy technologia wytwórcza została z powodzeniem zintegrowana z istniejącą linią produkcyjną?
2. Czy istnieje baza przemysłowa (np. zakłady produkcyjne, urządzenia, specjaliści), która jest w stanie zaprojektować, rozwinąć, wytworzyć, wspierać i zutilizować system?
3. Czy planowane rozwiązanie (ang. *intended design*) jest technicznie możliwe do wytworzenia (ang. *producible*)?
4. Czy dokonano charakterystyki materiałów wykorzystywanych w środowisku produkcyjnym?
5. Czy materiały są dostępne w wymaganych ilościach i terminach?
6. Czy uda się osiągnąć cele w zakresie kosztów projektowania (ang. *design-to-cost*, DTC)?
7. Czy procesy wytwórcze są scharakteryzowane, możliwe do realizacji i kontrolowalne pod względem realizacji wymagań systemowych?

Analogicznych zestawów kryteriów, dostosowanych do specyfiki decyzji publicznych, podejmowanych w procesach politycznych, można znaleźć więcej w odniesieniu do konkretnych polityk sektorowych. Instytucje rządowe mogą podjąć decyzje o wyborze technologii militarnych, energetycznych, środowiskowych, medycznych lub informatycznych, wykorzystując preferencje o charakterze strategicznym lub politycznym, a nie tylko kryteria odwołujące się do danych empirycznych. Takie procesy wyboru technologii nie będą jednak stanowiły przedmiotu dalszych rozważań w niniejszej książce, która będzie się koncentrować na scenariuszu selekcji technologii przez organizację zainteresowaną rozwojem lub stosowaniem najlepszych rozwiązań technicznych.

2.3. Ocena technologii z naciskiem na jej aspekty biznesowe

Wykorzystanie techniki QFD (*quality function deployment*) do oceny technologii (Kim, Park i Seo; Korea, 1997)

Koreańscy badacze – Kyeongtaek Kim, Kwangman Park i Seungwoo Seo z Han Nam University oraz rządowego instytutu ETRI (Electronics and Telecommunications Research Institute) zaproponowali wykorzystanie techniki QFD, znanej z obszaru zarządzania jakością, do analizy i selekcji technologii (Kim, Park, Seo, 1997). *Quality Function Deployment* (QFD) została zaproponowana w latach 70. XX wieku przez pracowników stoczni w Kobe, należącej do japońskiej grupy Mitsubishi i służyła przekładaniu oczekiwań klientów na konkretne cechy opracowywanego wyrobu, ułatwieniu komunikacji pomiędzy współpracującymi z klientem pracownikami działu sprzedaży z inżynierami, zajmującymi się przygotowaniem produkcji. Koreańczycy zaproponowali modyfikację klasycznego podejścia QFD, aby wykorzystać je do selekcji technologii, a nie określania sposobów zaspokojenia specyficznych potrzeb klienta poprzez modyfikację jednej, wdrażanej technologii. W odniesieniu do poszczególnych analizowanych technologii badacze proponują stosować następujące kryteria oceny (Kim, Park, Seo, 1997, s. 835):

- 1) ważność (z punktu widzenia odbiorcy);
- 2) obecne plany wdrożenia/wykorzystywania (przez odbiorcę oraz inne podmioty);
- 3) oczekiwane plany wdrożenia/wykorzystywania;
- 4) czas potrzebny na wdrożenie/wprowadzenie na rynek (ang. *time-to-market*);
- 5) liczba dostawców/punktów sprzedaży.

Zaproponowany zestaw kryteriów wydaje się niestety bardzo ograniczony i nadmiernie upraszcza proces selekcji.

Model Technology Assessment Template, Technoscans Centre i Chartered Financial Analyst Institute (USA, 2007)

Model „szablonu oceny technologii” (ang. *Technology Assessment Template*) (Van Wyk, 2010, s. 223–228) został opracowany przez firmę doradcą Technoscan Centre na zlecenie Chartered Financial Analyst Institute (CFA), międzynarodowej organizacji zrzeszającej specjalistów w obszarze zarządzania inwestycjami, znanej m.in. z prowadzenia egzaminów zawodowych CFA. Model oceny technologii jest wykorzystywany przez CFA jako element programów szkoleń i rozwoju zawodowego, pozwalający finansistom zrozumieć specyfikę oceny technologii i potencjału firm technologicznych.

Model obejmuje trzy grupy kryteriów (Van Wyk, 2010, s. 224):

1. Solidna baza technologiczna:
 - a. kluczowe technologie zostały zidentyfikowane i poddane rankingowaniu;
 - b. baza technologiczna jest w przejrzysty sposób ukierunkowana;
 - c. kluczowe technologie wykazują duży potencjał;
 - d. kluczowe technologie są przyszłościowe.
2. Efektywne procedury wspierające rozwój i doskonalenie technologii (ang. *technological renewal*):
 - a. istnieją procedury wspierające poszukiwania nowych technologii;
 - b. istnieją procedury pozwalające na powiązanie strategii z technologicznymi zagrożeniami i szansami.
3. Biegłość w zarządzaniu technologiami (ang. *technology-conversant management*):
 - a. wiedza technologiczna jest usystematyzowana;
 - b. perspektywy technologiczne zostały sformalizowane (np. w postaci planów rozwoju).
4. Przedstawione kryteria nadają się przede wszystkim do oceny organizacji mających portfolia technologii – mniej przydatne będą w odniesieniu do porównania i rankingowania indywidualnych technologii. Interesujące i oryginalne jest kryterium odwołujące się do istnienia usystematyzowanej wiedzy technologicznej – posiadanie odpowiedniej dokumentacji, odzwierciedlającej nie tylko istotę wynalazku (zwykle opisaną w zgłoszeniu patentowym), ale też know-how niezbędne do skutecznego wdrożenia i wykorzystywania wynalazku, może okazać się kluczowym czynnikiem sukcesu danej technologii.

2.4. Złożone modele oceny technologii

Model Hsu, Tzenga i Shyu (Tajwan, 2003)

Model Yeou-Geng Hsu, Gwo-Hshing Tzenga i Jeosepha Z. Shyu z tajwańskiego National Chiao Tung University (Hsu, Tzeng, Shyu, 2003) należy do bardziej rozbudowanych przykładów kryteriów selekcji technologii opisanych w literaturze. Autorzy odnoszą się do specyficznego kontekstu oceny i selekcji technologii, jakim jest wybór rozwiązań technologicznych w celu ich dofinansowania przez instytucje rządowe, przy założeniu ograniczonych środków finansowych i konieczności koncentracji na najbardziej obiecujących rozwiązaniach z perspektywy kraju rozwijającego się. Model oceny został rozwinięty dla potrzeb publicznego instytutu badawczego ITRI (Industrial Technology Research Insti-

tute), zatrudniającego ponad 6000 badaczy i prowadzącego działalność w wielu obszarach nauki i techniki.

Zaproponowane kryteria obejmowały (Hsu, Tzeng, Shyu, 2003, s. 545):

- 1) rynkowy potencjał aplikacji – rozmiar potencjalnego rynku dla produktów opartych na technologii;
- 2) potencjał wzrostu – wyrażany jako przewidywany wzrost rynku dla produktów opartych na technologii;
- 3) wartość dodaną aplikacji – dodatkowe korzyści, jakie użytkownicy produktów opartych na technologii mogą osiągać z ich zastosowania w porównaniu z dostępnymi alternatywami;
- 4) powiązania przemysłowe – zakres możliwych branż i obszarów przemysłu, które mogą zastosować technologię;
- 5) udoskonalenie QESIS (ang. *Quality, Environmental protection, industrial Safety, national Image, industrial Standards*) – korzyści dla społeczeństwa, wynikające z doskonalenia jakości, ochrony środowiska, bezpieczeństwa w przemyśle, wizerunku gospodarki narodowej i standardów branżowych;
- 6) związki z polityką naukowo-techniczną – powiązanie technologii z priorytetowymi obszarami lub celami narodowych polityk, wspierających rozwój innowacji technologicznych;
- 7) korzyści dla życia ludzkiego – dotyczące m.in. zdrowia i jakości życia;
- 8) innowacyjność pomysłu – rozróżnienie pomiędzy drobnymi udoskonaleniami a radykalnymi nowościami;
- 9) zaawansowanie technologii – oceniane przez porównanie z istniejącymi technologiami;
- 10) zastrzeżony (ang. *proprietary*) charakter technologii – możliwość ochrony technologii w systemie prawa własności intelektualnej;
- 11) generyczność lub specyficzność technologii – czy technologia znajduje powszechne zastosowania w wielu obszarach przemysłowych, czy może przeznaczona jest dla niewielkiej liczby specyficznych odbiorców;
- 12) powiązania technologiczne – możliwość zastosowania technologii w wielu różnorodnych produktach;
- 13) potencjał dalszego rozwoju technologii – powiązany z wynikami dotychczasowych badań naukowych;
- 14) jakość propozycji/oferty – dotycząca specyficznego kontekstu oceny, stosowanej w odniesieniu do przedłożonych dokumentów-wniosków o dofinansowanie;
- 15) kompetencje zespołu badawczego – ze szczególnym uwzględnieniem kierownika badań i pracowników technicznych;
- 16) aspekty związane z bezpieczeństwem i zanieczyszczeniami środowiska – odnoszące się do całego cyklu życia produktu, od realizacji projektu badawczo-rozwojowego, poprzez wytwarzanie i konsumpcję;

- 17) prawdopodobieństwo udanej komercjalizacji;
- 18) intensywność konkurencji – w obszarze produktów docelowych, opartych na technologii;
- 19) korzystne otoczenie – uwarunkowania makroekonomiczne, prawne, infrastrukturalne, związane z polityką rządu, funkcjonowaniem rynków kapitałowych itd.;
- 20) dostępność aktywów komplementarnych – zdolność firmy do przyswojenia i skutecznego wykorzystywania rozwijanej technologii w celach komercjalizacji (np. kompetencje produkcyjne i marketingowe);
- 21) czas (ang. *timing*) – określenie, czy jest odpowiedni do wdrażania i oferowania danej technologii.

Można zauważyć, że niektóre z powyższych kryteriów zostały opisane w sposób mało precyzyjny, trudny do operacjonalizacji i powielenia analiz. Hsu, Tzeng i Shyu (2003) w swojej publikacji zaprezentowali powyższą listę kryteriów, nie jest jednak jasne, w jaki sposób dokonywali pomiaru poszczególnych kryteriów, ani jak powtórzyć ich badania w odniesieniu do innych technologii lub kontekstów decyzyjnych. Problemem może być też brak jednoznacznych, skodyfikowanych zasad przypisywania określonych wartości poszczególnym kryteriom.

Analogiczne problemy dotyczą niestety wielu publikacji związanych z oceną technologii – autorzy tych publikacji zwykle nie ujawniają szczegółów procedur analitycznych, w pobieżny sposób wymieniając kryteria i sposoby ich oceny, koncentrując się na opisie zastosowanych technik obliczeniowych i uzyskanych wartości wynikowych. Takie przypadki nie pozwalają niestety na replikację badań ani na ich niezależną weryfikację, co może stanowić poważne zastrzeżenie metodologiczne. W niektórych przypadkach można przypuszczać, że nieujawnianie szczegółów algorytmu oceny i selekcji było celowe – ze względu na praktyczną przydatność taki algorytm ma określoną wartość komercyjną, a twórcy mogą nie być zainteresowani publicznym ujawnianiem jego szczegółów. W kolejnych podrozdziałach niniejszej książki zaprezentowano przegląd dalszych modeli oceny, które w większości przypadków zostały mało precyzyjnie opisane przez oryginalnych autorów i można przypuszczać, że ów brak precyzji był zabiegiem zamierzonym, mającym na celu ochronę istoty opracowanego algorytmu. Na podstawie przeglądu literatury przedstawiony zostanie jednak autorski model oceny wraz z zestawem szczegółowo opisanych kryteriów, możliwych do wykorzystania w polskich warunkach.

Model Jolly'ego (Francja, 2003)

Dominique R. Jolly z CERAM Business School we francuskim parku technologicznym Sophia-Antipolis zaproponował w 2003 roku kompleksowy model oceny portfolio technologii, który w kolejnych latach zastosował w praktyce do analizy preferowanych kryteriów oceny w 50 firmach europejskich i chińskich (Jolly, 2008). Model opiera się na dwóch podstawowych wymiarach: konkurencyjności technologicznej firmy (czynniki wewnętrznych, pozostających pod kontrolą firmy i uzależnionych od jej działań i decyzji o pozycjonowaniu) oraz determinantach atrakcyjności technologii (czynniki zewnętrznych, poza kontrolą firmy, związanych z zachowaniami konsumentów, instytucji rządowych i innych interesariuszy) (Jolly, 2008, s. 819). Zastosowanie dwóch zagregowanych grup kryteriów odpowiada więc klasycznym analizom portfelowym technologii, w których odzwierciedlano pozycje indywidualnych technologii na dwóch objętych analizą wymiarach, jednak propozycja Jolly'ego była oparta na analizie literatury, konsultacjach z panelem ekspertów i agregacji bogatej gamy szczegółowych kryteriów (Jolly, 2003). Chociaż oryginalny model Jolly'ego służy przypisaniu technologii do czterech pól macierzy, zaproponowane przez badacza kryteria mogą okazać się przydatne również do bardziej złożonych operacji rankingowania technologii.

Ocena atrakcyjności technologii, odwołująca się do otoczenia firmy, obejmuje następujące kryteria (Jolly, 2003, s. 386–388; Jolly, 2008, s. 819):

A) Potencjał rynku:

- a. wielkość rynku stworzonego przez technologię;
- b. zakres aplikacji wykreowanych przez technologię;
- c. wrażliwość rynku na czynniki techniczne.

B) Sytuacja konkurencyjna:

- a. liczba konkurentów;
- b. poziom zaangażowania konkurentów;
- c. intensywność konkurencji;
- d. wpływ technologii na konkurencję;
- e. bariery imitacji;
- f. istnienie akceptowanej przez dostawców i nabywców, dominującej formy technologii (ang. *dominant design*).

C) Potencjał techniczny:

- a. pozycja technologii w jej cyklu życia;
- b. potencjał rozwoju;
- c. luka wydajności (ang. *performance gap*) w stosunku do alternatywnych technologii;
- d. łatwość bezpośredniego transferu technologii (ang. *unit-to-unit transfer*).

D) Sytuacja społeczna i polityczna:

- a. stosunek społeczeństwa do technologii (ang. *societal stakes*);
- b. publiczne wsparcie dla rozwoju technologii.

Z kolei na ocenę konkurencyjności technologicznej, pozostającą pod kontrolą organizacji-dostawcy, składają się poniższe kryteria (Jolly, 2003, s. 388–390; Jolly, 2008, s. 821):

1) Zasoby technologiczne:

- a. źródło zasobów (zewnętrzne lub wewnętrzne – w zależności od tego, czy technologia powstała w wyniku własnego projektu badawczo-rozwojowego, czy została licencjonowana lub zakupiona);
- b. powiązanie z podstawowym obszarem działalności organizacji (ang. *core business*);
- c. zgromadzone przez organizację doświadczenia w danym obszarze badań i rozwoju technologii;
- d. udzielone/zgłoszone patenty;
- e. wartość laboratoriów i urządzeń;
- f. kompetencje zespołu prowadzącego badania podstawowe;
- g. kompetencje zespołu prowadzącego badania stosowane;
- h. kompetencje zespołu prowadzącego prace rozwojowe;
- i. dyfuzja technologii (oraz wiedzy na jej temat) wewnątrz organizacji.

2) Zasoby komplementarne:

- a. zdolność do nadążania za rozwojem wiedzy naukowo-technicznej;
- b. zdolność do finansowania inicjatyw;
- c. jakość relacji pomiędzy działami B+R i produkcji;
- d. jakość relacji pomiędzy działami B+R i marketingu;
- e. umiejętność ochrony technologii przez imitacjami;
- f. reakcje rynku na wzornictwo i projekty konstrukcyjne (ang. *design*), proponowane przez organizację;
- g. harmonogram wdrożeniowy w stosunku do planów konkurentów (działania wyprzedzające lub spóźnione).

Model De Coster i Butlera (Wielka Brytania, 2005)

Rebecca de Coster i Clive Butler z brytyjskiego Brunel University zaproponowali rozbudowany model, pozwalający ocenić nowe przedsięwzięcia w obszarze zaawansowanych technologii (De Coster, Butler, 2005). Chociaż kryteria oceny zostały dobrane z myślą o selekcji firm, niektóre spośród nich mogą być z powodzeniem wykorzystane do oceny technologii. Należy jednak pamiętać, że model De Coster i Butlera nie służy bezpośrednio ocenie technologii – uwzględnia zróżnicowane aspekty funkcjonowania przedsiębiorstwa i może znaleźć zastosowanie tylko dla technologii, które stanowią podstawę dla oferowanych przez

to przedsiębiorstwo produktów, szczególnie innowacji produktowych, a więc nie będzie przydatny do analiz technologicznego wsparcia dla procesów wytwórczych czy wspieranych technicznie rozwiązań organizacyjnych.

Kryteria obejmują:

1) Ryzyko technologiczne i biznesowe (De Coster, Butler, 2005, s. 537–538):

- a. Czy to działa?
 - i. Czy istnieje prototyp?
 - ii. Czy został przetestowany?
 - iii. Przez kogo?
- b. Jak dobrze działa?
 - i. Jaka jest natura prototypu?
 - ii. Czy potwierdza możliwość stworzenia rozwiązania/jest funkcjonalnym rozwiązaniem/nadaje się do produkcji?
 - iii. Czy został oceniony przez co najmniej jednego potencjalnego klienta?
 - iv. Czy podjęto prace mające na celu jego udoskonalenie?
 - v. Czy przeprowadzono testy w otoczeniu, w którym produkt ma być wykorzystywany?
 - vi. Czy opracowano szczegółowe wytyczne dla procesu wytwórczego?
 - vii. Czy rozwój i wytwarzanie są uzależnione od innych kluczowych produktów lub usług, które nie są pod bezpośrednią kontrolą ocenianej firmy?
- c. W przypadku braku prototypu:
 - i. Jakie dowody potwierdzają, że produkt będzie działał poprawnie?
- d. Czy z produktem powiązane są albo mogą być prawa własności intelektualnej?

2) Poziom innowacji produktowej:

- a. Czy produkt jest lepszy od alternatyw, jeśli jakiegokolwiek istnieją?
 - i. Jakie są najbliższe produkty konkurencyjne?
 - ii. Kto je wytwarza i dostarcza (duże/małe firmy, firmy krajowe/zagraniczne, istnienie dominującego dostawcy)?
- b. Wyróżnik produktu (ang. *Unique Selling Proposition*, USP)
 - i. Jaki jest podstawowy wyróżnik produktu?
 - ii. Jakie są przewagi konkurencyjne (koszt, funkcjonalność, wygląd, różnorodność zastosowań itd.)?

3) Kryteria rynkowe – zaspokajanie potrzeb:

- a. Jak dobrze produkt zaspokaja oczekiwania uczestników rynku?
 - i. Jaki problem rozwiązuje?
 - ii. Jakie rozwiązania tego problemu są obecnie stosowane?
 - iii. Dlaczego użytkownicy mieliby zdecydować się porzucić dotychczasowe rozwiązania na rzecz nowego?

- iv. Czy użytkownicy ponoszą wysokie ryzyko, decydując się na stosowanie produktu?
- 4) Kryteria rynkowe – aktualność (ang. *timeliness*):
 - a. Czy produkt jest „na czasie”, odpowiada aktualnemu zapotrzebowaniu rynku?
 - i. Czy ostatnio pojawiły się zmiany rynkowe, które uczyniły produkt bardziej atrakcyjnym dla użytkowników (np. nowe technologie, powiązane produkty, przepisy prawa, standardy technologiczne, trendy konsumpcyjne)?
 - ii. Czy rynek jest gotowy na rozwiązanie tego typu? Czy nie jest przedwczesne lub spóźnione?
 - iii. Czy produkt może stać się przestarzały? W jakim okresie?
 - iv. Czy dostawca jest w stanie szybko wprowadzić produkt na rynek?
- 5) Rozszerzenia produktów – długowieczność i powtarzalność zamówień:
 - a. Czy produkt jest długowieczny, czy też gwarantuje powtarzalne zamówienia?
 - i. Jaka jest długość życia produktu?
 - ii. Czy przewidywane są powtarzalne zakupy (części zamienne, zastąpienie zużytych produktów, usługi serwisowe)?
 - iii. Czy popyt na produkt jest powiązany z przejściową modą?
- 6) Rozszerzenia produktów – rodziny produktów:
 - a. Czy produkt stwarza podstawy do zaoferowania w przyszłości rodziny produktów?
 - i. Czy istnieje wystarczający potencjał rynkowy do sprzedaży pojedynczego produktu?
 - ii. Czy istnieje biznesowe uzasadnienie dla oferowania tylko jednego produktu?
 - iii. Jaki jest potencjał wzbogacania wartości linii produktowej (akcesoria, wersje mniejsze/większe itd.)?
- 7) Doświadczenia przedsiębiorcy:
 - a. Jakie są wcześniejsze doświadczenia przedsiębiorcy z wdrażaniem innowacji technologicznych?
 - i. Jakie są doświadczenia z udanym wprowadzaniem na rynek produktów?
 - ii. Jakie są doświadczenia produkcyjne?
 - iii. Jakie są doświadczenia w prowadzeniu projektów badawczo-rozwojowych?
 - iv. Jakie są doświadczenia w stosowaniu projektowania i wzornictwa przemysłowego?
 - v. Jakie są doświadczenia w obszarze marketingu?
 - vi. Jakie są doświadczenia w obszarze zapewnienia jakości?

- vii. Które spośród wymaganych obszarów kompetencyjnych nie są reprezentowane przez pracowników przedsiębiorcy?
- 8) Ochrona przewagi konkurencyjnej:
- a. Czy przedsiębiorca posiada patenty, wzory przemysłowe lub inne formy ochrony?
 - i. Czy przedsiębiorca zatrudnia rzecznika patentowego lub korzysta z innych form profesjonalnego wsparcia?
 - ii. Jeśli ochrona ogranicza się na razie do zgłoszenia patentowego, to kiedy zostało one wniesione i w jakich terminach trzeba podjąć ostateczne decyzje?
 - iii. O jaki zakres ochrony wystąpiono (zastrzeżenia patentowe, terytorium)?
 - iv. Czy istnieją inne rynkowe bariery wejścia?

Badacze proponują też zastosowanie konkretnej metody oceny kryteriów, która pozwala na jednoznaczne przypisanie określonych wartości do każdego z kryteriów. Szczegółową propozycję *scoringową* prezentuje tabela 1 (De Coster, Butler, 2005, s. 539–540).

Tabela 1. Kryteria oceny nowych przedsięwzięć technologicznych

| Kryterium | Ocena |
|---|--|
| (1) Ryzyko technologiczne i biznesowe | 1 Pomysł niemający praktycznych zastosowań. |
| | 3 Istnieje prototyp, potwierdzono zasady funkcjonowania, przeprowadzono tylko wewnętrzne testy. |
| | 5 Zaawansowane przygotowania do produkcji, ale brakuje klientów. |
| | 7 Wprowadzono na rynek, pierwsze pozytywne opinie klientów. |
| | 10 Sprawdzony produkt, zadowoleni klienci, napływające zamówienia. |
| (2) Poziom innowacji produktowej | 1 Brak innowacji – inne elementy wpływają na atrakcyjność komercyjną. |
| | 3 Nieznaczne udoskonalenia w stosunku do istniejących produktów. |
| | 5 Innowacyjny produkt, ale są problemy z przekonaniem klientów do jego akceptacji. |
| | 7 Innowacyjny produkt, oferujący wymierne korzyści i akceptowany przez klientów. |
| | 10 Bardzo innowacyjny produkt, zaspokajający dobrze znaną potrzebę klientów. |
| (3) Kryteria rynkowe – zaspokajanie potrzeb | 1 Nie zidentyfikowano jeszcze żadnego rynku. |
| | 3 Analizy wskazują na istnienie potencjalnej bazy klientów, ale nie można jeszcze oszacować jej wielkości. |
| | 5 Rynek można wstępnie określić, a opinie pierwszych klientów są pozytywne. |

cd. tab. 1.

| Kryterium | Ocena |
|--|---|
| (3) Kryteria rynkowe – zaspokajanie potrzeb | 7 Istnieje wyraźne zapotrzebowanie rynkowe i można wskazać grupę zadowolonych klientów. |
| | 10 Istnieje silne zapotrzebowanie w jednoznacznie zdefiniowanym segmencie rynku, a produkt w pełni zaspokaja potrzeby klientów. |
| (4) Kryteria rynkowe – aktualność | 3 Pewna grupa klientów poszukuje i nabywa produkty, ale nie wykazano jeszcze istnienia znaczącej bazy klientów; lub: Istnieją alternatywne, popularne produkty, które utrudniają upowszechnienie kolejnej alternatywy. |
| | 5 Zaobserwowano aktywność nabywców w odniesieniu do analogicznych innowacji, ale brakuje jednoznacznego potwierdzenia takich tendencji dla analizowanego produktu. |
| | 7 Zaobserwowano wyraźne zainteresowanie uczestników rynku analogicznymi innowacjami oraz analizowanym produktem. |
| | 10 Tendencje w rozwoju technologii i innowacji jednoznacznie wspierają wzrost popytu na produkt. |
| (5) Rozszerzenia produktów – długowieczność i powtarzalność zamówień | 1 Produkt jest pojedynczym składnikiem potencjalnej grupy produktów i jego popularność jest uzależniona od dostępności dobra komplementarnego, nie sprawdzi się jako samodzielne rozwiązanie. |
| | 5 Niepewna przyszłość produktu jako samodzielnego rozwiązania, możliwe tylko bardzo ograniczone przychody. |
| | 10 Produkt sprawdzi się jako samodzielnie sprzedawane rozwiązanie, można też wskazać możliwe przyszłe produkty komplementarne i nowe sposoby dodawania wartości, pozwalające na dalszy rozwój rynku. Istnieją inne produkty-elementy rodziny produktowej. |
| (6) Rozszerzenia produktów – rodziny produktów | 1 Przedmiot pojedynczego, niepowtarzalnego zakupu. Możliwy związek z modą. |
| | 5 Istnieje popyt na produkt, ale może być zmienny. Sukces komercyjny uzależniony od ustabilizowania popytu. |
| | 10 Analogiczne produkty zaspokajają potrzeby klientów, a silnego popytu można spodziewać się także w przyszłości. Produkt może być przedmiotem powtarzalnych zakupów. |
| (7) Doświadczenia przedsiębiorcy | 1 Brak wcześniejszych sukcesów przy wprowadzaniu na rynek produktów. Brak jednoznacznych dowodów na posiadanie przez przedsiębiorcę aktualnej i przydatnej w praktyce gospodarczej wiedzy. |
| | 5 Przedsiębiorca wprowadził udane innowacje, które niekoniecznie były sukcesem biznesowym, oraz ma wiedzę techniczną. |
| | 10 Pozytywne doświadczenia z wprowadzaniem i komercjalizacją innowacji, dotyczące więcej niż jednego produktu. Rozległa wiedza dotycząca nowej technologii. |
| (8) Ochrona przewagi konkurencyjnej | 1 Nie jest możliwe uzyskanie patentu. |
| | 3 Możliwe jest uzyskanie patentu, nie dokonano jeszcze upublicznienia wynalazku. |

cd. tab. 1.

| Kryterium | Ocena |
|-------------------------------------|---|
| (8) Ochrona przewagi konkurencyjnej | 5 Wniesiono zgłoszenie patentowe, ale patent nie został jeszcze udzielony. Ochrona patentowa przewidywana na odpowiednich rynkach geograficznych. |
| | 7 Udzielone patenty, które mogą jednak być podważane przez możliwego do identyfikacji uczestnika rynku. |
| | 10 Pełna ochrona patentowa na odpowiednio wybranych rynkach geograficznych. Prawdopodobieństwo wygrania w sądzie z ewentualnymi naruszcicielami. |

Źródło: R. De Coster, C. Butler (2005): *Assessment of proposals for new technology ventures in the UK: characteristics of university spin-off companies*, Technovation, nr 25, s. 539–540.

Analiza zaproponowanego przez De Coster i Butlera sposobu oceny poszczególnych kryteriów pozwala zauważyć, że model został stworzony przede wszystkim do oceny technologii, które są jednocześnie wymiernymi produktami, głównie produktami dla rynku konsumenckiego.

Należy więc jeszcze raz przypomnieć o ograniczeniach zastosowania modelu. Został on opracowany w celu analizy przedsięwzięć technologicznych, wprowadzających na rynek innowacje produktowe, a nie analizy technologii. Objęte nim kryteria mogą być przydatne w odniesieniu do analizy technologii odzwierciedlonych w produktach, a nie technologii procesowych. Problematyczne będzie również zastosowanie tych kryteriów w odniesieniu do rozwiązań sprawdzonych, dostępnych od dłuższego czasu, gdyż nie spełnią one warunku innowacyjności. Niektóre spośród zaproponowanych przez De Coster i Butlera kryteriów oraz szczegółowych zasad ich oceny stały się jednak inspiracją dla algorytmu oceny, który został opisany w dalszej części niniejszej książki.

Model Chena, Chunga i Weia (Tajwan, 2006)

Chung-Jen Chen, Ming-Chih Chung i Chien-Hung Wei z National Cheng Kung University oraz Southern Taiwan University of Technology w mieście Tajnan na Tajwanie zaproponowali model przystosowany do wyboru technologii przez instytucje rządowe (Chen, Chung, Wei, 2006). Model opiera się na przeglądzie literatury, a dla każdego zaproponowanego kryterium autorzy przedstawili odwołania do wcześniejszych badań, które uzasadniają potrzebę wykorzystania określonego aspektu oceny. Zaproponowane kryteria to (Chen, Chung, Wei, 2006, s. 440):

- 1) Otoczenie:
 - a. potrzeby użytkowników;
 - b. opinie interesariuszy;
 - c. infrastruktura;

- d. wspierające organizacje;
 - e. lokalny rozwój gospodarczy;
 - f. lokalne źródła finansowania.
- 2) Organizacja:
- a. gęsta sieć firm;
 - b. wyszkolona siła robocza;
 - c. koszt wdrożenia/uruchomienia/rozpoczęcia wytwarzania (ang. *setting cost*);
 - d. istniejące umiejętności technologiczne;
 - e. szkolenie zasobów ludzkich.
- 3) Technologia:
- a. emisja zanieczyszczeń;
 - b. charakterystyki technologiczne;
 - c. wymóg posiadania specyficznej wiedzy;
 - d. bezpieczeństwo.

Model uwzględnia wiele istotnych kryteriów, które były wcześniej omawiane przez badaczy w obszarze zarządzania technologiami, a zastosowanie każdego z nich jest dobrze uzasadnione merytorycznie. Niestety, brakuje wskazówek dotyczących operacjonalizacji analiz; nazwy kryteriów zaprezentowano bez podania odpowiednich wytycznych dla procedur oceny i porównania poszczególnych technologii.

Model Łunarskiego (Polska, 2009)

Jerzy Łunarski (2009) proponuje kompleksowy zestaw kryteriów, które mogą być wykorzystane do wieloaspektowej oceny technologii. Warto zauważyć, że w jego interpretacji technologia jest „ukierunkowanym procesem wytwarzania potrzebnych produktów i usług, realizowanym w zhierarchizowanym systemie produkcyjnym o zidentyfikowanych elementach i ich powiązaniach, zbudowanym dla realizacji tego procesu w oparciu o wiedzę teoretyczną i praktyczną” (Łunarski, 2009, s. 11). Ocena dotyczy więc przede wszystkim technologii wykorzystywanych w procesach twórczych, które mogą być opisane poprzez wykazy reguł i praw, wytwarzanych wyrobów, kompetencji ich operatorów, niezbędnych maszyn i urządzeń oraz sposobów organizacji pracy (Łunarski, 2009, s. 13). Szczegółowe kryteria wskazują też na koncentrację autora na przypadku technologii już wdrożonej, wykorzystywanej od pewnego czasu przez organizację (por. opisane poniżej kryterium T10).

Ocena ma się opierać na następujących kryteriach:

(T) – Ocena aspektów technicznych (Łunarski 2009, s. 153–157):

- T1. stopień nowoczesności;
- T2. stopień zautomatyzowania;

- T3. łatwość przezbierania;
 - T4. stopień znormalizowania;
 - T5. bezpieczeństwo pracy;
 - T6. niezawodność funkcjonowania;
 - T7. stopień integracji;
 - T8. dopasowanie urządzenia do potrzeb produkcyjnych;
 - T9. łatwość obsługi;
 - T10. wpływ czasu użytkowania.
- (K) – Ocena konkurencyjności (Łunarski 2009, s. 159–163):
- K1. elastyczność;
 - K2. autonomiczność;
 - K3. produktywność;
 - K4. niezawodność;
 - K5. serwisowalność;
 - K6. ekologiczność;
 - K7. kompleksowość;
 - K8. energochłonność.
- (E) – Ocena środowiskowa (Łunarski 2009, s. 164–169):
- E1. odpady wykorzystywane;
 - E2. odpady niewykorzystywane;
 - E3. zużycie energii;
 - E4. zużycie wody;
 - E5. zużycie olejów i cieczy chłodząco-smarujących;
 - E6. emisje gazów i pyłów;
 - E7. emisje niemateriałowe (hałas, promieniowanie cieplne i elektromagnetyczne, drgania);
 - E8. zagrożenia bezpieczeństwa.

Do ograniczeń modelu Łunarskiego należy koncentracja na już wykorzystywanych przez organizację technologiach produkcyjnych, co utrudnia zaadaptowanie modelu dla potrzeb decyzji o wyborze nowej technologii lub oceny rozwiązań o charakterze innowacyjnym. Chociaż model zawiera szczegółowe opisy wielu kryteriów, niektóre spośród nich mogą wydawać się trudne do pomiaru empirycznego lub określenia przez ekspertów, co może ograniczać praktyczne zastosowania tej propozycji.

Model Luchenga, Xina i Wenguanga (Chiny, 2010)

Praca Huang Luchenga, Li Xina i Lu Wenguanga z Beijing University of Technology w Chinach (Lucheng, Xin, Wenguang, 2010) prezentuje model selekcji technologii, który został wykorzystany w trakcie przygotowań do organizacji

w Pekinie igrzysk olimpijskich w 2008 roku, do celów wyboru odpowiednich technologii, które zostały wykorzystane przy budowie stadionu, rozbudowie sieci transportowej i innych niezbędnych pracach w mieście (Lucheng, Xin, Wenguang, 2010, s. 83). Model był opracowany z myślą o ocenie nowych, embrionalnych (wyłaniających się) technologii i opiera się na ocenie „potencjału industrializacji” (ang. *industrialization potential assessment*) poszczególnych technologii.

Autorzy proponują wykorzystanie następujących kryteriów (Lucheng, Xin, Wenguang, 2010, s. 81):

- 1) Czynniki technologiczne:
 - a. zaawansowanie technologii;
 - b. możliwość stworzenia standardu technologicznego;
 - c. możliwość uzyskania ochronnych praw własności intelektualnej;
 - d. potencjał stania się technologią wiodącą;
 - e. trwałość zysków po wdrożeniu technologii.
- 2) Czynniki rynkowe:
 - a. ryzyko rynkowe;
 - b. wartość dodana dla klienta;
 - c. potencjał rynku;
 - d. oczekiwane zyski;
 - e. przyrost liczby klientów.
- 3) Czynniki kwalifikujące (ang. *qualification*):
 - a. infrastruktura dla industrializacji;
 - b. zasoby ludzkie wspierające industrializację;
 - c. finansowanie dla industrializacji;
 - d. gwarancje techniczne dla industrializacji.
- 4) Czynniki zgodności (ang. *conformity*):
 - a. zgodność z polityką naukowo-technologiczną;
 - b. zgodność z politykami przemysłowymi;
 - c. zgodność z wynikami *foresightu* technologicznego;
 - d. zgodność z planami rozwoju społecznego;
 - e. zgodność z kulturą konsumpcyjną.
- 5) Czynniki efektywnościowe (ang. *effective*):
 - a. oszczędność zasobów naturalnych;
 - b. okazje do tworzenia miejsc pracy;
 - c. stymulowanie rozwoju nauki i technologii;
 - d. podnoszenie jakości życia;
 - e. napędzanie powiązanych przemysłów;
 - f. wpływ na ochronę środowiska.

Interesującym elementem modelu jest weryfikacja możliwych długotrwałych korzyści, związanych z wdrożeniem danej technologii i utworzeniem powiązanej

bazy kompetencyjnej. Kryteria oceny wyraźnie preferują obiecujące, jeszcze nie w pełni rozwinięte technologie, których wdrożenie mogłoby być podstawą do rozwoju lokalnego przemysłu, a które jednocześnie są dopasowane do istniejących zasobów (czynniki kwalifikujące), takich jak infrastruktura techniczna, wiedza i umiejętności pracowników, dostępność środków finansowych. Selekcja technologii uwzględniała też konieczność zapewnienia zgodności z kierunkami wytyczonymi przez polityki narodowe oraz z wnioskami, płynącymi z szeroko zakrojonych studiów typu *foresight*.

Sposób oceny, opracowany przez Chińczyków, wydaje się bardzo interesujący i przydatny zwłaszcza w kontekście oceny, rankingowania i selekcji technologii, które mają sprzyjać wspieraniu zrównoważonego rozwoju gospodarki i społeczeństwa. Niestety, szczegółowa procedura oceny nie została opisana przez autorów modelu, którzy w publikacjach przedstawiają jedynie stosowane algorytmy obliczeniowe, nie ujawniając przy tym, w jaki sposób dokładnie dokonywana była ocena poszczególnych kryteriów. Również anglojęzyczny opis tych kryteriów wydaje się cierpieć z powodu niedoskonałego przekładu z języka chińskiego.

Model Shena, Lina i Tzenga (Tajwan, 2011)

Model Yung-Chi Shena, Grace T.R. Lin i Gwo-Hsing Tzenga z National Chiao Tung University na Tajwanie (Shen, Lin, Tzeng, 2011) nawiązuje do wcześniejszych badań, prowadzonych przez pracowników tej samej instytucji (por. model Hsu, Tzenga i Shyu z 2003 roku). Autorzy odwołują się do techniki DEMATEL (*Decision Making Trial and Evaluation Laboratory*) i analizy patentów w celu przypisania odpowiednich wag kryteriom, a zastosowane metody obliczeniowe są bardzo złożone. Wykorzystywane do oceny technologii kryteria są jednak łatwe do interpretacji (Shen, Lin, Tzeng, 2011, s. 1474):

1) Zalety technologiczne:

- a. zaawansowanie technologii – poziom zaawansowania w porównaniu z istniejącymi alternatywami;
- b. innowacyjność technologii – poziom innowacyjności;
- c. status technologii kluczowej – czy technologia ma podstawowe znaczenie dla rozwoju danego produktu lub przemysłu;
- d. status technologii zastrzeżonej – czy technologia może być chroniona w systemie praw własności intelektualnej;
- e. status technologii podstawowej – czy technologia ma charakter podstawowy dla danego przemysłu;
- f. powiązania technologiczne – czy technologia znajdzie zastosowanie w wielu produktach;
- g. możliwość doskonalenia technologii (ang. *extendibility*) – potencjał dalszego rozwoju.

- 2) Efekt biznesowy:
 - a. możliwy zwrot z inwestycji;
 - b. wpływ na obecny udział w rynku – w przypadku możliwości poprawy pozycji firmy-dostawcy na już obsługiwanym rynku;
 - c. potencjał tworzenia nowych rynków;
 - d. potencjalny rozmiar rynku;
 - e. czas (ang. *timing*) – czy jest to odpowiedni moment na rozwój danej technologii.
- 3) Potencjał rozwoju technologii:
 - a. dostępność zasobów technicznych;
 - b. wspierające urządzenia – dostępność infrastruktury niezbędnej w rozwoju i wykorzystywaniu technologii;
 - c. szanse na sukces techniczny – prawdopodobieństwo pomyślnego zakończenia projektu rozwoju i wdrażania technologii oraz istnienie analogicznych, wdrażanych z sukcesem technologii.
- 4) Ryzyko:
 - a. ryzyko komercyjne – związane z aplikacjami, opartymi na technologii;
 - b. ryzyko techniczne – związane z możliwymi problemami w projekcie badawczo-rozwojowym;
 - c. problemy techniczne – odnoszące się do pytania, czy aplikacje oparte na technologii mogą przejść od fazy prototypów do produkcji masowej.

2.5. Ocena patentów, wchodzących w skład technologii

Model *Patent Factor Index* (PFI™) firmy Pantros IP (Stany Zjednoczone, 2005–2010)

Amerykańska firma doradcza Pantros IP oferuje usługę analizy patentów, opierając się na liście standardowych kryteriów¹. Dla wybranego wynalazku, chronionego patentem, możliwe jest obliczenie zagregowanego wskaźnika *Patent Factor™*, odzwierciedlającego prawną, komercyjną i technologiczną wartość analizowanego patentu. Kryteria modelu PFI™ obejmują (Pantros IP, 2010):

- 1) Aspekty prawne
 - i. możliwość egzekwowania praw z patentu (ang. *enforceability*) – ograniczona w przypadku patentów, które są przedmiotem postępowania o unieważnienie, zerowa w przypadku spóźnienia z wniesieniem wymaganych opłat za utrzymanie ochrony;

¹ Podejście Pantros IP nawiązuje do wyników badań empirycznych, dotyczących korelacji pomiędzy wartością patentu a wybranymi charakterystykami analizowanego patentu, patentów cytowanych, cytujących oraz dotyczących pokrewnych wynalazków. Przykład ugruntowanego naukowo podejścia do oceny patentów oferują Ernst i Omland (2011, s. 34–41).

- ii. trafność patentu (ang. *relevancy*) – obliczana na podstawie lingwistycznego algorytmu *Latent Semantic Analysis*, porównującego patent ze zbiorem 100 najbardziej adekwatnych patentów amerykańskich;
 - iii. nowość (ang. *novelty*) – szacowana na podstawie cytowań wskazanych w dokumencie patentowym, których duża liczba sugeruje mniejszą oryginalność wynalazku; wskaźnik obliczany przez porównanie z wynikami dla 100 najbardziej adekwatnych patentów amerykańskich;
 - iv. zakres zastrzeżeń patentowych (ang. *claim scope breadth*) – obliczany na podstawie wskazanej w dokumencie patentowym liczby cytowań do wcześniejszych patentów oraz innych publikacji;
 - v. prawdopodobieństwo utrzymania ważności patentu (ang. *validity confidence*) w odniesieniu do wcześniejszych zgłoszeń patentowych – wysokie w przypadku, gdy patenty nie występują lub jest niewiele patentów, które nie zostały zacytowane w analizowanym dokumencie patentowym, ale dotyczą zbliżonych wynalazków i zostały zgłoszone przed datą zgłoszenia analizowanego patentu;
 - vi. prawdopodobieństwo utrzymania ważności patentu (ang. *validity confidence*) w odniesieniu do równoległych zgłoszeń patentowych – wysokie w przypadku, gdy patenty nie występują lub niewiele patentów, które nie zostały zacytowane w analizowanym dokumencie patentowym, ale dotyczą zbliżonych wynalazków i zostały zgłoszone po dacie zgłoszenia analizowanego patentu;
 - vii. prawdopodobieństwo przetrwania próby podważenia patentu (ang. *sustainability in opposition*) – wyższe w przypadku niewielkiej liczby współtwórców-wynalazców;
 - viii. prawdopodobieństwo uniknięcia sporów sądowych (ang. *litigation avoidance*) – wysokie, gdy patent był w ciągu 3 lat od momentu jego udzielenia rzadziej cytowany niż porównywalne patenty.
- 2) Aspekty komercyjne
- i. wartość oparta na cytowaniach patentu (ang. *forward citation value contribution*) – wysoka w przypadku, gdy patent jest cytowany w kolejnych zgłoszeniach patentowych częściej niż porównywalne patenty;
 - ii. wartość oparta na cytowaniach w dokumencie patentowym (ang. *backward citation value contribution*) – wysoka w przypadku, gdy w dokumencie patentowym umieszczono wiele odwołań do wcześniejszych patentów;
 - iii. potencjał licencjonowania opartego na przymusie (ang. *enforcement licensing potential*) – wysoki w przypadku niewielkiej liczby podmiotów dokonujących zgłoszeń patentowych w danym obszarze;
 - iv. potencjał licencjonowania opartego na współpracy (ang. *partnering licensing potential*) – obliczany na podstawie aktywności patentowej

- w obszarach pokrewnych/komplementarnych dla obszaru, do którego należy analizowany wynalazek;
- v. zatłoczenie (ang. *crowdedness*) – występujące w przypadku większej liczby podmiotów dokonujących zgłoszeń patentowych w danym obszarze, niż ma to miejsce w przypadku 100 najbardziej adekwatnych patentów;
 - vi. możliwa premia w przypadku zbycia (ang. *divestiture licensing premium*) – wysoka w przypadku kontrolowania przez organizację wielu patentów w analizowanym obszarze;
 - vii. pozycja konkurencyjna grupy patentów – wysoka, gdy organizacja-właściciel patentu posiada również inne patenty, należące do zbioru 100 najbardziej adekwatnych patentów, a liczebność grupy tych patentów jest wyższa niż liczba patentów każdego z konkurentów, wchodząca w skład zbioru 100 najbardziej adekwatnych patentów;
 - viii. szanse licencjonowania dodatkowych patentów (ang. *in-license opportunity*) – wysokie, gdy wśród 100 najbardziej adekwatnych patentów występuje wiele patentów stanowiących własność osób prywatnych.
- 3) Aspekty technologiczne
- i. zaawansowanie technologiczne (ang. *technological advancement*) – ocena, czy wynalazek objęty patentem odpowiada znacząco nowemu rozwiązaniu czy też nieznacznemu udoskonaleniu (innowacji przyrostowej) w porównaniu do wynalazków opisanych w 100 najbardziej adekwatnych patentach;
 - ii. złożoność techniczna (ang. *technical sophistication*) – większa liczba cytowań patentu niż cytowań 100 najbardziej adekwatnych patentów świadczy o wysokiej złożoności technologii;
 - iii. zakres dyfuzji technologii (ang. *combinatorial accession*) – wysoki w przypadku, gdy nowe patenty, cytujące analizowany patent, reprezentują wiele podstawowych klas patentowych odmiennych od klasy, do której przypisano analizowany patent;
 - iv. siła technologii (ang. *technology cogency*) – wysoka w przypadku większej liczby współtwórców-wynalazców.

Nie wszystkie spośród dwudziestu pięciu wykorzystywanych kryteriów znajdują bezpośrednie zastosowanie do analizy technologii, które mogą składać się z wielu opatentowanych wynalazków, jak również elementów nieobjętych ochroną prawną. Obliczanie kryteriów opiera się na zautomatyzowanym algorytmie analizy zasobów patentowych, jednak można mieć zastrzeżenia do trafności niektórych z zaproponowanych metod obliczeniowych – w wielu przypadkach nazwy kryteriów sugerowałyby konieczność przeprowadzenia poważniejszych analiz niż tylko oparcia się na prostym wskaźniku. W poszczególnych wymiarach występują też niektóre wzajemnie komplementarne kryteria (wysoka

wartość jednego z nich oznacza niską wartość drugiego). Firma Pantros IP stosuje zaprezentowany model oceny patentów w celu sporządzania raportów sprzedawanych klientom komercyjnym, nie prowadzi badań naukowych ani nie przygotowuje kompleksowych zestawień porównawczych grup wynalazków, co dodatkowo ogranicza możliwość bezpośredniej adaptacji modelu do celów selekcji i rankingowania technologii.

Model *IPscore*[®] (Europejski Urząd Patentowy, 2009)

Program komputerowy *IPscore*[®] został pierwotnie opracowany przez Duński Urząd Patentowy, Copenhagen Business School oraz firmy doradcze z Danii. Jest on obecnie nieodpłatnie rozpowszechniany przez Europejski Urząd Patentowy (EPO), który przejął i udoskonalił technologię, a w roku 2009 udostępnił wersję 2.2 programu (EPO, 2010). Program jest dostępny dla zarejestrowanych użytkowników na stronie <http://www.epo.org/searching/free/ipscore.html>. Pozwala na wycenę wartości określonego patentu lub grupy patentów, na podstawie kilkudziesięciu szczegółowych kryteriów. Zestaw kryteriów, wykorzystywanych do oceny opatentowanej technologii, jest wbudowany w program komputerowy i nie został udokumentowany w odrębnych publikacjach. Poniżej zaprezentowane są jednak wszystkie wykorzystywane przez *IPscore*[®] kryteria, wyodrębnione na podstawie analizy interfejsu użytkownika programu i przetłumaczone na język polski. W odróżnieniu od omawianego wcześniej modelu *Patent Factor Index*, który opierał się na zautomatyzowanej analizie zasobów patentowych *IPscore*[®] analizuje deklaracje reprezentanta organizacji-właściciela patentu, dotyczące statusu prawnego, technologii, uwarunkowań rynkowych, finansowych i strategicznych ewentualnej komercjalizacji. Oba modele dotyczą patentów i związanych z nimi wynalazków, a więc tylko w niektórych przypadkach znajdują zastosowanie do selekcji i rankingowania technologii.

Szczegółowe zestawienie kryteriów, stosowanych w modelu *IPscore*[®], prezentuje tabela 2. Grupa kryteriów (A) odnosi się do **statusu prawnego patentu** – etapu cyklu życia (zgłoszenie lub udzielony patent), okresu obowiązywania ochrony, zakresu terytorialnego i możliwości skutecznego egzekwowania praw z patentu. Grupa (B) dotyczy podlegającej patentowaniu **technologii**, oceniając jej przewagi konkurencyjne, dojrzałość, możliwości sprawnego wdrożenia i łatwość ewentualnej imitacji. Kryteria z grupy (C) odzwierciedlają **uwarunkowania rynkowe**, w tym: potencjał rynku, jego przewidywany wzrost i intensywność rywalizacji konkurencyjnej, uwarunkowania procesów sprzedaży oraz możliwości uzyskiwania przychodów ze sprzedaży lub licencjonowania opatentowanych rozwiązań. Grupa kryteriów (D) odpowiada **aspektom finansowym**, związanym z potencjalnymi oszczędnościami i dodatkowymi zyskami, wynikającymi z wdrożenia technologii, jak również niezbędnymi inwestycjami, które musi

ponieść przedsiębiorstwo w celu wykorzystania i utrzymania ochrony prawnej technologii. Wreszcie kryteria (E) mają **charakter strategiczny**, odwołując się do pozycji rynkowej przedsiębiorstwa, korzyści wizerunkowych i negocjacyjnych, związków z kluczowymi obszarami działalności oraz możliwości wykorzystania patentu do blokowania działań konkurencyjnych.

Tabela 2. Kryteria oceny patentów w modelu IPscore®

| Kryterium | Ocena |
|---|---|
| A) Status prawny | |
| A) Jaki jest status patentu? | 1 Nie dokonano jeszcze zgłoszenia patentowego |
| | 2 Dokonano zgłoszenia patentowego |
| | 3 Zgłoszenie patentowe zostało zweryfikowane przez eksperta urzędu patentowego w oparciu o poszukiwania w stanie techniki |
| | 4 Udzielono patentu |
| | 5 Uplłynął termin protestów wobec udzielenia patentu |
| B) Jakie są podstawy do określenia przewagi prawnej patentu? | 1 Brak poszukiwań w stanie techniki |
| | 2 Proste wyszukiwanie w bazie danych patentowych |
| | 3 Poszukiwanie na poziomie krajowym |
| | 4 Poszukiwanie na poziomie międzynarodowym |
| | 5 Poszukiwania w stanie techniki oraz poszukiwania możliwych naruszeń |
| C) Jak długo będzie jeszcze obowiązywać ochrona patentowa? | 1 0–2 lata |
| | 2 2–4 lata |
| | 3 4–8 lat |
| | 4 8–12 lat |
| | 5 Więcej niż 12 lat |
| D) Jak szerokie są zastrzeżenia patentowe? | 1 Bardzo wąskie i specyficzne |
| | 2 Dość wąskie |
| | 3 Dość szerokie |
| | 4 Szerokie |
| | 5 Dotyczą ogólnej zasady funkcjonowania |
| E) Czy zakres terytorialny ochrony patentowej obejmuje adekwatne rynki? | 1 Pojedynczy rynek krajowy |
| | 2 Kilka rynków w grupie krajów |
| | 3 Większość rynków w grupie krajów |
| | 4 Wszystkie rynki w grupie krajów |
| | 5 Wszystkie potencjalnie istotne rynki międzynarodowe |
| F) Czy prowadzony jest monitoring naruszeń patentu? | 1 Brak |
| | 2 Doraźny, oparty na informacjach od handlowców i dystrybutorów |
| | 3 Systematyczny dla wybranych produktów konkurencyjnych |
| | 4 Systematyczny dla rynków |
| | 5 Sformalizowany, prowadzony na skalę globalną |

cd. tab. 2.

| Kryterium | Ocena |
|---|--|
| G) Czy spory patentowe są powszechne na rynkach, objętych ochroną patentu? | 1 Bardzo powszechne sprawy sądowe |
| | 2 Występują sprawy sądowe |
| | 3 Powszechne spory między właścicielami patentów |
| | 4 Występują spory między właścicielami patentów |
| | 5 Nie zdarzają się |
| H) Czy firma posiada środki pozwalające na dochodzenie praw z patentu? | 1 Dochodzenie praw jest zbyt kosztowne i trudne |
| | 2 Dochodzenie praw w wybranych krajach |
| | 3 Dochodzenie praw od wybranych konkurentów |
| | 4 Dochodzenie praw we wszystkich przypadkach, o ile nie okaże się zbyt kosztowne |
| | 5 Dochodzenie praw we wszystkich przypadkach |
| B) Technologia | |
| B1) Czy wynalazek stanowi unikalną technologię? | 1 Nieznaczne udoskonalenie istniejącej technologii |
| | 2 Pewne udoskonalenia istniejącej technologii |
| | 3 Udoskonalenia istniejącej technologii |
| | 4 Istotne udoskonalenia istniejącej technologii, mające charakter przełomowy |
| | 5 Potencjał zmiany sposobu funkcjonowania branży |
| B2) Czy wynalazek jest lepszy technicznie od alternatywnych technologii? | 1 Istnieje nowa, alternatywna i dominująca technologia |
| | 2 Istnieje technologia substytucyjna, która ma szerokie zastosowania |
| | 3 Istnieje technologia substytucyjna, która ma ograniczone zastosowania |
| | 4 Istnieje technologia substytucyjna, ale nie jest jeszcze konkurencyjna |
| | 5 Nie istnieją technologie substytucyjne |
| B3) W jakim zakresie poddano wynalazek testom? | 1 Wynalazek poddano weryfikacji teoretycznej, opartej na obliczeniach |
| | 2 Przeprowadzono eksperymenty i pojedyncze testy |
| | 3 Przeprowadzono test produkcyjny |
| | 4 Prowadzona jest produkcja na ograniczoną skalę |
| | 5 Prowadzona jest produkcja na pełną skalę |
| B4) Czy opatentowana technologia wymaga nowych umiejętności, kwalifikacji lub urządzeń produkcyjnych? | 1 Patent wymaga zupełnie nowego procesu produkcyjnego |
| | 2 Wykorzystanie patentu wymaga znaczących zmian w procesie produkcyjnym |
| | 3 Wykorzystanie patentu wymaga zmian w procesie produkcyjnym |
| | 4 Wykorzystanie patentu wymaga tylko niewielkich zmian w procesie produkcyjnym |
| | 5 Patent może być wykorzystywany przy obecnym procesie produkcyjnym |
| B5) Jaki czas jest potrzebny na komercyjne wdrożenie opatentowanej technologii? | 1 5 lat |
| | 2 2 lata |
| | 3 1 rok |
| | 4 Pół roku |
| | 5 Technologia jest już wdrożona |

| Kryterium | Ocena |
|--|---|
| B6) Czy produkty imitujące, naruszające patent, są łatwe do wytworzenia? | 1 Technologia łatwa do identyfikacji, kopiowania i wytwarzania |
| | 2 Technologia łatwa do kopiowania i wytwarzania |
| | 3 Technologia relatywnie łatwa do identyfikacji, kopiowania i wytwarzania |
| | 4 Technologia złożona, trudna do kopiowania i wytwarzania |
| | 5 Technologia złożona, bardzo trudna do kopiowania i wytwarzania |
| B7) Czy łatwo jest wykryć produkty imitujące, naruszające patent? | 1 Bardzo trudno |
| | 2 Trudno, lecz nie jest to niemożliwe |
| | 3 Relatywnie łatwo |
| | 4 Łatwo |
| | 5 Bardzo łatwo |
| B8) Czy wdrożenie i wykorzystywanie technologii jest uzależnione od umów licencyjnych z innymi podmiotami? | 1 Wymóg rozległych umów licencyjnych z konkurentami |
| | 2 Wymóg pewnych umów licencyjnych z konkurentami |
| | 3 Nie ma wymogu umów licencyjnych z konkurentami |
| | 4 Wymóg umów licencyjnych, ale nie z konkurentami |
| | 5 Umowy licencyjne nie są potrzebne |
| B9) Czy technologia ma wartość marketingową (wartość dla klienta)? | 1 Korzyści są bardzo trudne do zaprezentowania |
| | 2 Korzyści są trudne do zaprezentowania |
| | 3 Korzyści dają się opisać |
| | 4 Korzyści są łatwe do zaprezentowania |
| | 5 Korzyści są znaczące, a wyjątkowe cechy mogą być wykorzystane przy działaniach marketingowych |
| C) Uwarunkowania rynkowe | |
| C1) Jakie są opcje marketingowe? | 1 Nie istnieje znany rynek dla technologii |
| | 2 Technologia nie została jeszcze ukierunkowana na zaspokojenie potrzeb konkretnego rynku |
| | 3 Technologia zaspokaja potrzeby znanego rynku |
| | 4 Technologia zaspokaja potrzeby znanego rynku, na którym istnieją rozpoznawalne rozwiązania |
| | 5 Technologia zaspokaja potrzeby znanego rynku oraz innych, sprecyzowanych rynków |
| C2) Jaki jest wzrost rynku w obszarze, w którym ma być zastosowana technologia? | 1 Bardzo mały (0,5%) |
| | 2 Mały (2,5%) |
| | 3 Średni (5%) |
| | 4 Duży (8%) |
| | 5 Bardzo duży (15%) |
| C3) Jaka jest przewidywana żywotność technologii na rynku? | 1 Pół roku |
| | 2 1 rok |
| | 3 2 lata |
| | 4 4 lata |
| | 5 8 lat |

cd. tab. 2.

| Kryterium | Ocena |
|---|---|
| C4) Czy na rynku są dostępne produkty konkurencyjne lub substytuty? | 1 Istnieje wiele takich produktów |
| | 2 Jest wysoce prawdopodobne, że zostaną rozwinięte |
| | 3 Istnieje 50% prawdopodobieństwo, że zostaną rozwinięte |
| | 4 Jest prawdopodobne, że technologia pozostanie unikalną ofertą na rynku |
| | 5 Jest pewne, że technologia pozostanie unikalną ofertą na rynku |
| C5) Jak wysoka jest cena, jaką gotowi są zapłacić nabywcy, w stosunku do cen istniejących alternatyw? | 1 Istotnie niższa |
| | 2 Niższa |
| | 3 Równa |
| | 4 Wyższa |
| | 5 Istotnie wyższa |
| C6) Jakiego potencjalnego wzrostu sprzedaży może spodziewać się firma po zaoprotowaniu opatentowanej technologii? | 1 Bardzo niewielkiego (0,5%) |
| | 2 Niewielkiego (2%) |
| | 3 Średniego (4%) |
| | 4 Dużego (6%) |
| | 5 Bardzo dużego (10%) |
| C7) Jaką wiedzę ma firma na temat możliwych aplikacji i szans biznesowych dla technologii? | 1 Ograniczona wiedza o możliwych aplikacjach |
| | 2 Ograniczona wiedza o możliwych aplikacjach i szansach biznesowych |
| | 3 Wiedza o możliwych aplikacjach i ograniczona wiedza o szansach biznesowych |
| | 4 Wiedza o możliwych aplikacjach i szansach biznesowych |
| | 5 Pełna wiedza o możliwych aplikacjach i szansach biznesowych |
| C8) Czy opatentowana technologia pozwala na uzyskiwanie przychodów z tytułu umów licencyjnych? | 1 Nie istnieją takie możliwości |
| | 2 Istnieją ograniczone możliwości |
| | 3 Istnieją dobre perspektywy |
| | 4 Istnieją bardzo dobre perspektywy |
| | 5 Istnieją wyjątkowo dobre perspektywy |
| C9) Czy komercjalizacja wymaga specjalnych pozwoleń lub licencji? | 1 Pozwolenia lub licencje są wymagane, ale otrzymano ostateczną decyzję odmowną od instytucji publicznych |
| | 2 Nie wystąpiono jeszcze o pozwolenia lub licencje, albo wystąpiono i otrzymano wstępną decyzję odmowną |
| | 3 Wystąpiono o pozwolenia lub licencje, ale nie otrzymano jeszcze decyzji |
| | 4 Otrzymano ograniczone czasowo pozwolenie lub licencję od instytucji publicznych |
| | 5 Otrzymano nieograniczone czasowo pozwolenie lub licencję; pozwolenie lub licencja nie są wymagane |
| D) Finanse | |
| D1) Jaka część obecnego poziomu produkcji może być utrzymana bez wykorzystania opatentowanej technologii? | 1 100% |
| | 2 75% |
| | 3 50% |
| | 4 25% |
| | 5 0% |

| Kryterium | Ocena |
|---|---|
| D2) Jakie są niezbędne koszty przyszłego rozwoju technologii? | 1 Wyjątkowo wysokie (30% przychodów) |
| | 2 Bardzo wysokie (15% przychodów) |
| | 3 Wysokie (8% przychodów) |
| | 4 Średnie (2% przychodów) |
| | 5 Niskie (0,5% przychodów) |
| D3) Jak zmieniają się koszty produkcji po wdrożeniu opatentowanej technologii? | 1 Wzrost 30% |
| | 2 Wzrost 15% |
| | 3 Brak zmian |
| | 4 Spadek 15% |
| | 5 Spadek 30% |
| D4) Jaka skala inwestycji w urządzenia produkcyjne jest niezbędna w porównaniu do obecnego poziomu nakładów inwestycyjnych? | 1 120% |
| | 2 110% |
| | 3 100% |
| | 4 70% |
| | 5 50% |
| D5) Czy firma dysponuje możliwościami pokrycia kosztów utrzymania ochrony patentowej na wybranych rynkach? | 1 W jednym kraju |
| | 2 W 2–5 krajach |
| | 3 W 5–10 krajach |
| | 4 W 10–15 krajach |
| | 5 W ponad 15 krajach; we wszystkich wybranych teraz i w przyszłości krajach |
| D6) Jaka część zysków firmy jest generowana przez opatentowaną technologię? | 1 Poniżej 3% |
| | 2 3–10% |
| | 3 10–15% |
| | 4 15–25% |
| | 5 Ponad 25% |
| E) Strategia | |
| E1) Czy patent ma pozwolić na ochronę pozycji na obecnym rynku? | 1 Nie |
| | 2 W niewielkim stopniu |
| | 3 W pewnym stopniu |
| | 4 W istotnym stopniu |
| | 5 W bardzo istotnym stopniu |
| E2) Czy patent ma pozwolić na zdobycie nowych rynków? | 1 Nie |
| | 2 W niewielkim stopniu |
| | 3 W pewnym stopniu |
| | 4 W istotnym stopniu |
| | 5 W bardzo istotnym stopniu |
| E3) Czy patent ma służyć budowaniu wizerunku firmy? | 1 Nie |
| | 2 W niewielkim stopniu |
| | 3 W pewnym stopniu |
| | 4 W istotnym stopniu |
| | 5 W bardzo istotnym stopniu |

cd. tab. 2.

| Kryterium | Ocena |
|--|-----------------------------|
| E4) Czy patent ma zapewnić swobodę działania przez umożliwienie samodzielnych prac w zakresie rozwoju technologii? | 1 Nie |
| | 2 W niewielkim stopniu |
| | 3 W pewnym stopniu |
| | 4 W istotnym stopniu |
| | 5 W bardzo istotnym stopniu |
| E5) Czy patent ma ograniczyć rozwój konkurencyjnych technologii? | 1 Nie |
| | 2 W niewielkim stopniu |
| | 3 W pewnym stopniu |
| | 4 W istotnym stopniu |
| | 5 W bardzo istotnym stopniu |
| E6) Czy patent ma ułatwiać zawieranie umów licencyjnych i umów sprzedaży? | 1 Nie |
| | 2 W niewielkim stopniu |
| | 3 W pewnym stopniu |
| | 4 W istotnym stopniu |
| | 5 W bardzo istotnym stopniu |
| E7) Czy patent należy do obszaru kluczowych technologii firmy? | 1 Nie |
| | 2 W niewielkim stopniu |
| | 3 W pewnym stopniu |
| | 4 W istotnym stopniu |
| | 5 W bardzo istotnym stopniu |
| E8) Czy istnieje zbieżność pomiędzy patentem a strategią biznesową firmy? | 1 Nie |
| | 2 W niewielkim stopniu |
| | 3 W pewnym stopniu |
| | 4 W istotnym stopniu |
| | 5 W bardzo istotnym stopniu |

Źródło: Europejski Urząd Patentowy (2009).

2.6. Ocena etyczna i ekologiczna technologii

Model eTA (*ethical Technology Assessment*) Palma i Hanssona (Szwecja, 2006)

Ocena aspektów etycznych i ekologicznych technologii ma szczególne znaczenie w przypadku analizy technologii z obszaru technicznego wspomaganie zrównoważonego rozwoju gospodarki. Elin Palm i Sven Ove Hansson (2006) zaproponowali zestaw kryteriów, składających się na „etyczną ocenę technologii” (ang. *ethical technology assessment*), nazywając swój model skrótem „eTA”.

Zdaniem autorów, przy etycznej ocenie technologii należy wziąć pod uwagę następujące aspekty (Palm, Hansson, 2006, s. 551):

- 1) upowszechnianie i wykorzystywanie informacji;
- 2) kontrola, wpływ i władza;
- 3) oddziaływanie na kontakty międzyludzkie;
- 4) prywatność;
- 5) wsparcie dla trwałego, zrównoważonego rozwoju (ang. *sustainability*);
- 6) oddziaływanie na rozmnażanie ludzi;
- 7) zagadnienia płci, mniejszości i sprawiedliwości;
- 8) stosunki międzynarodowe;
- 9) oddziaływanie na ludzkie wartości.

Przedstawiona lista jest niestety bardzo ogólnikowa, brakuje też ścisłych wytycznych dotyczących sposobu oceny poszczególnych technologii czy praktycznych przykładów zastosowania modelu.

Kryteria oceny ekologicznej, określone przez Radę Wspólnot Europejskich (1996) i Schramma (Niemcy, 1998)

Rada Wspólnot Europejskich określiła w 1996 roku możliwe kryteria oceny ekologicznej w Dyrektywie Rady WE nr 96/61/EC z dnia 24 września 1996 r., dotyczącej zintegrowanego zapobiegania zanieczyszczeniom i ich kontroli (*EC Council Directive 96/61/EC of 24 September 1996 concerning integrated pollution prevention and control*) (Rada Wspólnot Europejskich, 1996). Poszczególne części dyrektywy zawierają wytyczne, które mogą być zinterpretowane jako możliwe kryteria pozwalające ocenić, czy dana technologia jest przyjazna dla środowiska (Schramm, 1998, s. 229):

- 1) zużycie surowców (w tym wody) w procesie produkcji/eksploatacji i ich efektywność energetyczna (Aneks IV pkt 9 Dyrektywy);
- 2) wsparcie odzyskiwania i recyklingu substancji wytwarzanych i wykorzystywanych w procesie produkcji/eksploatacji, jak również w miarę możliwości powstających w tym procesie odpadów (Aneks IV pkt 3 Dyrektywy);
- 3) wykorzystanie technologii o niskiej ilości odpadów (ang. *low-waste technology*) (Art. 3 pkt c i Aneks IV pkt 1 Dyrektywy);
- 4) wykorzystanie mniej niebezpiecznych substancji (Aneks IV pkt 2 Dyrektywy);
- 5) dążenie do zapobiegania wypadkom i minimalizacja konsekwencji dla środowiska (Aneks IV pkt 11 Dyrektywy).

Wilhelm Schramm, opierając się na przepisach unijnych, zaproponował cztery kryteria oceny ekologicznej, a zarazem cele dla „czystej produkcji” (ang. *clean production*) (Schramm, 1998, s. 228):

- 1) redukcja (lub minimalizowanie) ilości wykorzystywanych zasobów;
- 2) redukcja (lub minimalizowanie) ilości generowanych odpadów i emisji;
- 3) redukcja (lub minimalizowanie) zagrożenia generowania odpadów i emisji (poprzez odpowiednią substytucję materiałów na wejściu procesu wytwarzania);
- 4) redukcja (lub minimalizowanie) ryzyka wypadków lub awarii.

Zbliżonymi zagadnieniami zajmują się specjaliści, prowadzący proces oceny oddziaływania na środowisko (OOS, ang. EIA, *Environmental Impact Assessment*), którego zasady w Unii Europejskiej określa Dyrektywa Rady WE z dnia 27 czerwca 1985 r. w sprawie oceny skutków wywieranych przez niektóre przedsięwzięcia publiczne i prywatne na środowisko naturalne (*EC Council Directive 85/337/EEC of 27 June 1985 on the assessment of the effects of certain public and private projects on the environment*) (Rada Wspólnot Europejskich, 1985). Dyrektywa dotyczy oceny projektów, a nie technologii, jednak niektóre z aspektów oceny mogą znaleźć bezpośrednie zastosowanie również do analizy technologii, wykorzystywanych w analizowanym projekcie.

Model selekcji zielonych technologii Li, Liu, Tana i Du (Chiny, 2010)

Congbo Li, Fei Liu, Xianchun Tan i Yanbin Du z Chongqing University oraz Chińskiej Akademii Nauk zaproponowali zestaw prostych kryteriów, pozwalających na porównanie „zielonych” technologii (technologii przyjaznych dla środowiska). Kryteria obejmują (Li, Liu, Tan, Du, 2010, s. 7294–7295):

- 1) czas:
 - a. czas wytwarzania;
 - b. szybkość dostawy;
- 2) jakość:
 - a. niezawodność;
 - b. wydajność produkcji;
- 3) koszt:
 - a. koszt produktu;
- 4) usługi:
 - a. zadowolenie klientów;
- 5) wpływ na środowisko:
 - a. odpady gazowe;
 - b. odpady płynne;
 - c. odpady stałe;
 - d. bezpieczeństwo;
- 6) zużycie zasobów:
 - a. zużycie energii;

- b. zużycie surowców;
- c. zużycie materiałów pomocniczych (ang. *auxiliary*).

Model jest bardzo uproszczony, nie zawiera też jednoznacznych wskazówek dotyczących sposobów dokonywania pomiaru i porównań między technologiami.

2.7. Ocena technologii w wybranych konkursach rządowych

Kryteria oceny wniosków w konkursie *Advanced Technology Program* (ATP) (Stany Zjednoczone, 2007)

Konkurs ATP (*Advanced Technology Program*) jest prowadzony przez National Institute of Standards and Technology (NIST) i należy do najpopularniejszych w Stanach Zjednoczonych mechanizmów dystrybucji środków finansowych na prace badawczo-rozwojowe dotyczące innowacyjnych rozwiązań technologicznych. Ocena wniosków opiera się na dwóch grupach kryteriów (NIST, 2007, s. 7, B3–B4):

- 1) wartość naukowa i techniczna:
 - a. innowacja techniczna;
 - b. ryzyko techniczne przy jednoczesnych dowodach na naukową wykonalność (ang. *feasibility*);
 - c. plan techniczny;
- 2) możliwości uzyskania szeroko zakrojonych (ang. *broad-based*) korzyści ekonomicznych:
 - a. korzyści ekonomiczne na poziomie narodowym;
 - b. potrzeba wsparcia finansowego ATP;
 - c. planowany sposób komercjalizacji.

Przedstawione kryteria są bardzo ogólne, co pozwala Instytutowi na przeprowadzenie dyskrecjonalnej oceny, opartej na opiniach zespołu ekspertów, które zgodnie z regulaminem konkursu nie muszą być szczegółowo uzasadniane. Konkurs ATP dotyczy propozycji rozwoju technologii, a nie oceny technologii już rozwiniętych, co ogranicza przydatność kryteriów selekcji dla celów, określonych w niniejszym opracowaniu.

Kryteria oceny wniosków w Programie Operacyjnym Innowacyjna Gospodarka (POIG) (Polska, 2007)

Program Operacyjny Innowacyjna Gospodarka (POIG), którego założenia zatwierdziła Rada Ministrów w październiku 2007 roku, stanowi podstawowy mechanizm dystrybucji w Polsce funduszy strukturalnych Unii Europejskiej na

cele związane z rozwojem innowacyjności. Z perspektywy rozwoju technologii szczególnie interesujące wydają się powiązane ze sobą działania 1.4 i 4.1, dotyczące wsparcia projektów celowych oraz wsparcia wdrożeń wyników prac badawczo-rozwojowych. Podobnie jak w przypadku omawianego wcześniej konkursu ATP również w przypadku POIG mamy do czynienia z wnioskami opisującymi propozycje podjęcia projektów rozwoju technologii, a nie oceną istniejących technologii. Niektóre spośród wykorzystywanych kryteriów oceny mogą jednak okazać się przydatne także w scenariuszu rankingowania i selekcji technologii.

Kryteria merytoryczne, służące do oceny wniosków w działaniach 1.4 i 4.1 POIG, obejmują następujące wymagania merytoryczne obligatoryjne (PARP, 2007, s. 8–21):

- 1) „Projekt ma charakter innowacyjny co najmniej w skali kraju i dotyczy innowacji produktowej lub procesowej;
- 2) Projekt obejmuje badania przemysłowe i/lub prace rozwojowe oraz zakłada wdrożenie wyników tych badań lub prac w działalności gospodarczej;
- 3) Projekt dotyczy inwestycji w aktywa materialne oraz w aktywa niematerialne i prawne związane z tworzeniem nowej jednostki, rozbudową istniejącej jednostki, dywersyfikacją produkcji jednostki poprzez wprowadzenie nowych dodatkowych produktów lub zasadniczą zmianą dotyczącą procesu produkcyjnego istniejącej jednostki;
- 4) Istnieje zapotrzebowanie rynkowe na produkt/technologię/usługę, będącą rezultatem projektu, wskazującą na opłacalność projektu;
- 5) Wnioskodawca wykazał spełnienie efektu zachęty (dotyczy wnioskodawców innych niż MSP);
- 6) Wnioskodawca posiada zdolność techniczną oraz dysponuje kadrami B+R, niezbędną do realizacji prac badawczych lub wskazał wykonawcę tych prac;
- 7) Wnioskodawca posiada zdolność do wdrożenia wyników części badawczej projektu;
- 8) Wnioskodawca posiada zdolność do sfinansowania projektu;
- 9) Wydatki są kwalifikowane w ramach działania, uzasadnione, racjonalne i adekwatne do zakresu i celów projektu oraz celów Działania;
- 10) Harmonogram projektu umożliwia prawidłową i terminową realizację przedsięwzięcia;
- 11) Wskaźniki produktu i rezultatu są: obiektywnie weryfikowalne, odzwierciedlają założone cele projektu, adekwatne dla danego rodzaju projektu”.

Kryteria merytoryczne fakultatywne są z kolei następujące (PARP, 2007, s. 22–31):

- 1) „Poziom innowacyjności rezultatów prac badawczo-rozwojowych;
- 2) Realizacja projektu prowadzi do utworzenia lub rozbudowy trwałej komórki badawczo-rozwojowej w strukturze wnioskodawcy;
- 3) Wnioskodawca jest MSP;

- 4) Projekt należy do kluczowej grupy tematycznej (info, techno lub bio);
- 5) Istnieje zapotrzebowanie rynkowe na produkt/technologię/usługę będącą rezultatem projektu na rynku międzynarodowym;
- 6) Rezultatem realizacji projektu jest zgłoszenie patentowe wynalazku;
- 7) Rezultatem realizacji projektu jest zgłoszenie wzoru przemysłowego lub zgłoszenie wzoru użytkowego;
- 8) W wyniku realizacji projektu nastąpi wzrost zatrudnienia personelu badawczego;
- 9) Projekt ma pozytywny wpływ na politykę horyzontalną wymienioną w art. 16 Rozporządzenia Rady (WE) nr 1083/2006 lub na politykę horyzontalną wymienioną w art. 17 Rozporządzenia Rady (WE) nr 1083/2006;
- 10) Wnioskodawca posiada: akredytowany certyfikat jakości w przedsiębiorstwie zgodny z wymaganiami normy ISO 9001 lub inne certyfikaty branżowe zawierające w sobie wymagania normy ISO 9001 lub wnioskodawca posiada akredytowany certyfikat Systemu Zarządzania BHP zgodny z wymaganiami OHSAS 18001 lub PN-N-18001, lub wnioskodawca posiada akredytowany certyfikat Systemu Zarządzania Środowiskowego zgodny z wymaganiami normy ISO 14001 lub rozporządzeniem EMAS”.

Kryteria oceny wniosków w konkursie Polski Produkt Przyszłości (PPP) (Polska, 2008)

Konkurs Polski Produkt Przyszłości (PPP) jest prowadzony przez Polską Agencję Rozwoju Przedsiębiorczości (PARP) i pozwala na wyłonienie najbardziej innowacyjnych polskich rozwiązań technicznych. Konkurs prowadzony jest w czterech kategoriach, w tym dla projektów (wyrobów lub technologii) w fazach przedwdrożeniowej i wdrożeniowej, a procedura oceny składa się z oceny wstępnej i zasadniczej.

Kryteria oceny wstępnej projektu w fazie przedwdrożeniowej to z kolei (PARP, 2008, załącznik nr 7):

- 1) „Innowacja w skali [świata, Europy lub kraju]
- 2) Produkt eksportowy
- 3) Porównywalność parametryczna z analogicznymi produktami [lepszy lub taki sam]
- 4) Zapytania ofertowe [są lub nie ma]
- 5) Przewidywany wpływ na środowisko [pozytywny lub neutralny]
- 6) Zmniejszenie zużycia co najmniej o 20% [surowców i/lub energii elektrycznej]
- 7) Korzystanie z surowców wtórnych
- 8) Czy produkt spełnia w danej dziedzinie wymagania (normy) Unii Europejskiej?

- 9) Czy produkt posiada ochronę patentową?
- 10) Czy produkt posiada certyfikaty, atesty?
- 11) Czy uczestnik konkursu finansował badania ze środków własnych?
- 12) Czy produkt jest wynikiem realizacji projektu finansowanego ze środków publicznych przeznaczonych na naukę?
- 13) Czy polski rynek oczekuje na ten produkt?
- 14) Załączone do projektu opinie, recenzje lub rekomendacje dotyczące produktu
- 15) Czy uczestnik konkursu podejmie produkcję we własnym zakresie lub czy podpisano umowę wstępną z przyszłym produktem?"

Ocena zasadnicza projektu w fazie przedwdrożeniowej opiera się na następujących kryteriach (PARP, 2008, załącznik nr 9):

A) „Ocena ogólna:

- 1) Sposób zaprezentowania projektu i jakość jego przygotowania;

B) Ocena merytoryczna projektu:

- 1) Porównanie z analogicznymi rozwiązaniami;
- 2) Bezpieczeństwo użytkowania i przyjazność dla środowiska;
- 3) Stan zaawansowania przygotowań do produkcji (prace rozwojowe, prace wdrożeniowe, model, prototyp, badanie prototypu lub serii informacyjnej, umowa wdrożeniowa, szacunkowe koszty wdrożenia);
- 4) Szacunkowy termin wdrożenia;
- 5) Ochrona patentowa proponowanego wyrobu lub technologii, certyfikaty, atesty;

C) Ocena perspektyw wdrożeniowych projektu:

- 1) Potencjalny popyt;
- 2) Możliwości eksportowe;
- 3) Konkurencyjność cenowa;
- 4) Inne;

D) Uwagi:

- 1) Inne elementy oceny oraz spostrzeżenia eksperta.”

W przypadku projektów w fazie wdrożeniowej przedstawione powyżej listy kryteriów ulegają modyfikacji i uzupełnia je na etapie oceny wstępnej (PARP, 2008, załącznik nr 8):

- 1) „Efektywność wdrożonego produktu (wyliczana przez Organizatora według wzoru: $E = Z_b / N \times 100\%$, gdzie Z_b – zysk brutto w skali roku, N – pełne, udokumentowane nakłady poniesione na przygotowanie i wdrożenie produktu) [do 5%, do 10%, powyżej 10%]
- 2) Czy nastąpił przyrost zatrudnienia? [do 5 osób, do 10 osób, powyżej 10 osób]”.

Ocena zasadnicza projektu w fazie wdrożeniowej obejmuje następujące kryteria (PARP, 2008, załącznik nr 10):

A) „Ocena ogólna:

1) Sposób zaprezentowania projektu i jakość jego przygotowania;

B) Ocena merytoryczna projektu:

1) Porównanie z analogicznymi rozwiązaniami;

2) Innowacyjność projektu;

3) Wpływ na środowisko;

4) Oszczędności w wyniku wdrożenia (energia, surowce);

5) Korzyści dla użytkownika;

6) Inne;

C) Ocena efektów wdrożenia projektu:

1) Poprawa konkurencyjności podmiotu wdrażającego;

2) Rozszerzenie rynków zbytu;

3) Wzrost eksportu;

4) Wzrost zatrudnienia;

5) Inne;

D) Uwagi:

1) Inne elementy oceny oraz spostrzeżenia eksperta.”

Kryteria oceny wniosków w konkursie GreenEvo – Akcelerator Zielonych Technologii (Polska, 2009–2011)

Projekt GreenEvo – Akcelerator Zielonych Technologii jest prowadzony przez Ministerstwo Środowiska przy współpracy merytorycznej Wydziału Zarządzania Uniwersytetu Warszawskiego² i służy identyfikacji wiodących polskich technologii sprzyjających ochronie środowiska, które po przejściu weryfikacji przez ekspertów są promowane przez polskie instytucje rządowe i służbę dyplomatyczną. Kryteria oceny technologii i zgłaszających je firm były systematycznie doskonalone w kolejnych edycjach konkursu. Ocena konkursowa w trzeciej edycji (2012 r.) opiera się na następujących kryteriach (Ministerstwo Środowiska, 2011):

„Kryteria merytoryczne obligatoryjne:

1) Technologia należy do obszarów zielonych technologii [...];

2) Technologia stanowi rozwiązanie powtarzalne, które może podlegać obrotowi;

² Współautor niniejszego opracowania – Krzysztof Klineciewicz – jest koordynatorem zespołu ekspertów w projekcie GreenEvo; odpowiadał też za opracowanie propozycji zawartości formularza wniosku konkursowego, kryteriów oraz procedur oceny wniosków w czterech edycjach konkursu, 2009–2013.

- 3) Wnioskodawca jest producentem technologii, a nie tylko jej sprzedawcą;
- 4) Wnioskodawca zajmuje się sprzedażą technologii, a nie tylko oferowaniem usług i/lub produktów w oparciu o technologię;
- 5) Wnioskodawca posiada prawo do sprzedaży technologii poza granicami Polski;
- 6) Wnioskodawca prowadzi aktywną promocję i sprzedaż technologii, w szczególności uczestniczy w targach i spotkaniach branżowych, posiada stronę internetową przynajmniej w jednym języku obcym;
- 7) Pracownicy Wnioskodawcy posługują się językiem angielskim;
- 8) Technologia została wdrożona u co najmniej jednego zidentyfikowanego klienta na pełną skalę techniczną;
- 9) Technologia przynosi znaczące korzyści dla ochrony środowiska;
- 10) Technologia jest atrakcyjna ekonomicznie na etapie zakupu i eksploatacji;
- 11) Technologia jest nowoczesna, tj. zgodna z aktualnym stanem wiedzy i techniki;
- 12) Wnioskodawca wskazał rzeczywiste wyróżniki technologii w stosunku do rozwiązań bezpośrednich konkurentów;

Kryteria merytoryczne fakultatywne:

- 1) Technologia wykorzystuje wyniki prowadzonych przez Wnioskodawcę prac badawczo-rozwojowych;
- 2) Technologia została stworzona przy współpracy z instytutem badawczym lub uczelnią wyższą, potwierdzonej umową;
- 3) Technologia posiada certyfikaty, potwierdzenia zgodności ze standardami technicznymi lub niezależne oceny;
- 4) Technologia i/lub przedsiębiorca otrzymał nagrody i wyróżnienia;
- 5) Wnioskodawca poniósł inwestycje w działalność na rynkach zagranicznych (w tym także podejmował działania promocyjne i sprzedażowe za granicą);
- 6) Wnioskodawca osiągnął w 2011 r. przychody ze sprzedaży zagranicznej;
- 7) Wnioskodawca przedstawiał w latach 2009–2011 technologię na targach w kraju i/lub za granicą;
- 8) Wnioskodawca posiada obcojęzyczne materiały informacyjno-promocyjne, dotyczące technologii (brozurę i/lub stronę internetową);
- 9) Strona internetowa Wnioskodawcy zawiera materiały informacyjno-promocyjne, oferujące opis techniczny i charakterystykę możliwości wykorzystania technologii;
- 10) Wnioskodawca korzysta z ochrony patentowej lub innych metod prawnego zabezpieczenia własności przemysłowej;

- 11) Wnioskodawca ubiegał się o środki z funduszy Unii Europejskiej w ramach Programów Operacyjnych Innowacyjna Gospodarka lub Infrastruktura i Środowisko;
- 12) Wnioskodawca posiada potencjał finansowy, ludzki i organizacyjny, pozwalający na prowadzenie działalności zagranicznej.”

2.8. Podsumowanie przeglądu modeli oceny technologii

Zaprezentowane w niniejszym rozdziale modele oceny technologii, zebrane w ramach przeglądu międzynarodowej literatury, zawierają zwykle kryteria odnoszące się tylko do wybranych aspektów oceny. W tabeli 3 przedstawiono zestawienie porównawcze tych modeli, ujawniając zainteresowania autorów każdego z nich oraz ewentualne luki tematyczne w poszczególnych propozycjach. Wyodrębniono w niej 12 możliwych grup kryteriów, dotyczących zróżnicowanych zagadnień, które mogą podlegać ocenie. Początkowe grupy to: innowacyjność (nowość) i konkurencyjność (porównanie z alternatywnymi rozwiązaniami, dostępnymi na rynku), analizowane zwykle wtedy, gdy ocena koncentruje się na istocie nowego rozwiązania, bez zagłębiania się w jego szczegóły techniczne. Związki ze strategią organizacji, doświadczenia organizacji-dostawcy i znaczenie technologii dla organizacji-dostawcy odnoszą się z kolei do specyfiki firmy, oferującej technologię, pozwalając lepiej zrozumieć perspektywę udanej komercjalizacji i profesjonalnego dostarczania rozwiązań nabywcom. Kryteria marketingowe oraz dotyczące zastosowań technologii odnoszą się do potrzeb odbiorców i rynkowych uwarunkowań dyfuzji technologii. Kryteria techniczne stanowią ocenę szczegółowych parametrów technologii, w tym jej poziomu dojrzałości i sposobu rozwiązania konkretnych problemów technicznych. Kryteria dotyczące technologii produkcyjnych znajdują zastosowanie do technologii, które są wykorzystywane w celu udoskonalenia własnych procesów wytwórczych. Kryteria dotyczące ochrony patentowej odnoszą się do możliwości zastosowania prawnych instrumentów ochrony własności przemysłowej lub instrumentów faktycznie wykorzystanych w odniesieniu do analizowanej technologii. Społeczne, etyczne i ekologiczne wymiary oceny dotyczą wpływu technologii na społeczeństwo i środowisko naturalne, zawierając elementy typowe dla opisywanych wcześniej w książce procesów określanych mianem *technology assessment*.

Wieloaspektowa ocena technologii wymaga uwzględnienia większości z opisanych powyżej grup kryteriów. Znane z literatury modele ograniczają się niestety jedynie do wybranych ich grup, często koncentrując się też wyłącznie na specyficznych rodzajach technologii. W dalszej części książki zaprezentowany zostanie model O-R-S, integrujący dotychczasowy dorobek badaczy zajmujących się oceną technologii i pozwalający na wykorzystanie 12 grup kryteriów, czyli wypełnienie wszystkich luk, zidentyfikowanych na podstawie analiz literatury.

Tabela 3. Porównanie modeli oceny technologii, zaprezentowanych w rozdziale 2

| | Kryteria dotyczące innowacyjności | Kryteria dotyczące konkurencyjności (dot. porównania z alternatywnymi rozwiązaniami) | Kryteria strategiczne (związku technologii ze strategią organizacji) | Kryteria dotyczące doświadczeń organizacji-dostawcy | Kryteria dotyczące znaczenia technologii dla organizacji-dostawcy | Kryteria marketingowe (dot. potrzeb odbiorców i uwarunkowań rynkowych) | Kryteria dotyczące zastosowań technologii | Kryteria techniczne | Kryteria dotyczące technologii produkcyjnych (dot. rozwiązań, które wdrażane są w celu wsparcia procesów wytworczych) | Kryteria dotyczące ochrony patentowej | Kryteria społeczne i etyczne | Kryteria ekologiczne |
|---|-----------------------------------|--|--|---|---|--|---|---------------------|---|---------------------------------------|------------------------------|----------------------|
| Model TRL (<i>Technology Readiness Levels</i>), NASA (USA, 1974–1995) | | | | | | | | X | | | | |
| Model identyfikacji technologii krytycznych (ang. <i>critical technologies</i>) Ganslera i Branscomba (USA, 1993) | | | | | | | X | | | | | |
| Model wyodrębniania technologii krytycznych (ang. <i>critical technologies</i>), Department of Defense (USA, 2005) | X | | | | | | X | X | | | | |
| Wykorzystanie techniki QFD (<i>quality function deployment</i>) do oceny technologii, Kim, Park i See (Korea, 1997) | | | | | | | X | | | | | |
| Model <i>Technology Assessment Template</i> , <i>Technoscans Centre i Chartered Financial Analyst Institute</i> (USA, 2007) | | X | | X | X | | | | | | | |
| Model Hsu, Tzenga i Shyu (Tajwan, 2003) | X | X | | X | | X | X | X | | X | X | X |
| Model Jolly'ego (Francja, 2003) | | X | | X | | | | X | | | X | |
| Model De Coster i Butlera (Wielka Brytania, 2005) | X | X | | X | | X | X | X | | X | | |
| Model Chena, Chunga i Weia (Tajwan, 2006) | | | | X | | | | X | | | | X |
| Model Lunarckiego (Polska, 2009) | | X | | | | | | X | X | | | X |
| Model Luchenga, Xina i Wenguanga (Chiny, 2010) | | X | | | | X | X | X | | X | X | X |
| Model Shena, Lina i Tzenga (Tajwan, 2011) | X | X | | | X | | X | X | | X | | |

| | Kryteria dotyczące innowacyjności | Kryteria dotyczące konkurencyjności (dot. porównania z alternatywnymi rozwiązaniami) | Kryteria strategiczne (związku technologicznego ze strategią organizacji) | Kryteria dotyczące doświadczeń organizacji-dostawcy | Kryteria dotyczące znaczenia technologii dla organizacji-dostawcy | Kryteria marketingowe (dot. potrzeb odbiorców i uwarunkowań rynkowych) | Kryteria dotyczące zastosowań technologicznych | Kryteria techniczne | Kryteria dotyczące technologii produkcyjnych (dot. rozwiązań, które wdrażane są w celu wsparcia procesów wytworczych) | Kryteria dotyczące ochrony patentowej | Kryteria społeczne i etyczne | Kryteria ekologiczne |
|--|-----------------------------------|--|---|---|---|--|--|---------------------|---|---------------------------------------|------------------------------|----------------------|
| Model <i>Patent Factor Index</i> (PFI™) firmy Pantros IP (Stany Zjednoczone, 2005–2010) | X | | | | | | | X | | X | | |
| Model <i>IPscore</i> ® (Europejski Urząd Patentowy, 2009) | X | X | X | X | X | X | X | | | X | | |
| Model <i>eTA (ethical Technology Assessment)</i> Palma i Hanssona (Szwecja, 2006) | | | | | | | | | | | X | |
| Kryteria oceny ekologicznej, określone przez Radę Wspólnot Europejskich (1996) | | | | | | | | | | | | X |
| Kryteria oceny ekologicznej, określone przez Schramma (Niemcy, 1998) | | | | | | | | | | | | X |
| Model selekcji zielonych technologii Li, Liu, Tana i Du (Chiny, 2010) | | | | | | | | | X | | | X |
| Kryteria oceny wniosków w konkursie Advanced Technology Program (ATP) (Stany Zjednoczone, 2007) | X | | | | | | | X | | | X | |
| Kryteria oceny wniosków w Programie Operacyjnym Innowacyjna Gospodarka (POIG) (Polska, 2007) | X | X | | X | X | X | | | | X | | |
| Kryteria oceny wniosków w konkursie Polski Produkt Przyszłości (PPP) (Polska, 2008) | X | X | | | X | X | | | | X | | X |
| Kryteria oceny wniosków w konkursie GreenEvo – Akcelerator Zielonych Technologii (Polska, 2009–2011) | X | X | | X | X | X | X | | | X | | X |

Źródło: opracowanie własne.

ROZDZIAŁ 3

Matematyczne metody oceny, rankingowania i selekcji technologii

ARKADIUSZ MANIKOWSKI

3.1. Specyfika metod oceny, rankingowania i selekcji technologii

Praktyczna realizacja procesów oceniania, rankingowania i selekcji technologii wspomagana jest metodami, które charakteryzuje różny poziom zaawansowania aparatu matematycznego. W przypadku porównywania technologii zastosowanie mogą mieć metody zarówno jakościowe, jak i ilościowe. Pierwsze z nich mają na celu zidentyfikowanie tych cech, które mogą wpłynąć na efekt wdrożenia i komercjalizacji. Drugą grupę metod powinno się stosować w celu wskazania cech istotnych (Perrin, 2002, s. 13–28), wyjaśniających przyczyny występowania różnic pomiędzy technologiami.

Metody stosowane w praktyce stanowią zwykle połączenie podejścia jakościowego i ilościowego. Wybór jednej metody najlepiej nadającej się do analizy technologii jest niemożliwy, na co wskazują prowadzone na całym świecie badania – zauważalny jest trend stosowania w ramach każdego postępowania kilku metod.

Ocena i wybór technologii należy do problemów trudnych. Powody tego są następujące:

- niepewność, towarzysząca wytwarzaniu technologii, w tym niejednoznaczność ocen (osądów) ekspertów biorących udział w badaniach nad rankingowaniem,
- wzajemne zależności między technologiami,
- wielowymiarowy charakter technologii.

Niepewność towarzysząca wytwarzaniu technologii, powoduje, że zastosowanie mają metody pozwalające wyrażać tę niejednoznaczność. Do tych metod z pewnością należy zaliczyć logikę rozmytą (ang. *fuzzy logic*) i szarą statystykę (ang. *grey statistics*).

Wzajemna zależność pomiędzy technologiami powoduje, że klasyczne metody wyboru obiektów często nie mają zastosowania i konieczne jest przeprowadzenie ich odpowiednich modyfikacji.

Każdą technologię należy rozpatrywać jako obiekt wielowymiarowy (wielometrytowy). Oznacza to, że wybór technologii – jak wspomniano w poprzednim rozdziale – należy do problemów wielokryterialnych.

Uwzględnienie specyficznych cech, wymienionych powyżej, powoduje, że do rozwiązywania problemu oceny, rankingowania i selekcji technologii mają zastosowanie wielokryterialne metody optymalizacyjne, wzbogacone o elementy rozmytości, połączone z metodami gromadzenia danych, stanowiących często niejednoznaczne osądy uczestniczących w badaniach ekspertów.

Dostępna literatura sugeruje stosowanie do oceny, rankingowania i selekcji technologii następujących metod matematycznych:

- metody interaktywne wykorzystywane na etapie zbierania osądów ekspertów podczas badań ankietowych, w tym przede wszystkim metoda delficka z różnymi modyfikacjami;
- proste metody rankingowania, w tym modele scoringowe oraz porównywania parami;
- metody statystyczne, w tym analiza czynnikowa (ang. *factor analysis*);
- analiza klastrowa (skupień), w tym metody drzew decyzyjnych, metody dyskryminacyjne;
- złożone metody rankingowania, w tym AHP (ang. *Analytic Hierarchical Process*), MAUT (ang. *Multi-Attribute Utility Theory*);
- metody portfolio, wykorzystujące narzędzia badań operacyjnych, w tym programowania liniowego – DEA (ang. *Data Envelopment Analysis*) i metody symulacyjne;
- metody sztucznej inteligencji, w tym zbiory rozmyte i szare.

Warto zaznaczyć, że część metod może należeć jednocześnie do różnych spośród wymienionych grup, czego najlepszym przykładem jest opisana dalej metoda DEA, którą można zaliczyć zarówno do metod rankingowych, jak i metod programowania matematycznego.

Badania przeprowadzone przez Coopera, Edgetta i Kleinschmidta (2001), dotyczące projektów innowacyjnych, wykazały, że stosowanie więcej niż jednej metody daje rezultaty lepsze od stosowania jednej metody obejmującej swoim zakresem wszystkie obszary. To samo dotyczy problemów oceny, rankingowania i selekcji technologii, stąd też pojawił się trend jednoczesnego stosowania wielu modeli w procesie wyboru technologii.

3.2. Charakterystyka najważniejszych metod

W poniższym podrozdziale opisano metody, które są najczęściej wykorzystywane w procesie oceny, rankingowania i selekcji technologii. Opis ten zawiera krótką charakterystykę metod wraz z podaniem ich zalet i wad oraz warunków stosowania, przegląd literatury, sposób prowadzenia obliczeń i przykłady wykorzystania.

Metoda delficka

Charakterystyka metody

Metoda delficka wykorzystywana jest najczęściej na wstępnych etapach analizy technologii w celu zebrania informacji dotyczącej osądów (opinii) ekspertów na temat ocenianych technologii, kryteriów służących do ich selekcji czy też do określenia poziomu wiedzy i doświadczenia biorących w badaniach uczestników.

Metodę delficką charakteryzują następujące cechy:

- możliwość zebrania niezależnych opinii ekspertów,
- anonimowość uzyskana dzięki ankietom wysyłanym do ekspertów,
- wieloetapowość procesu zbierania informacji, polegająca na wysyłaniu ekspertom zbiorczych ocen dokonanych na etapach poprzednich,
- uzgadnianie zbiorczych opinii przez osoby kompetentne organizujące badanie.

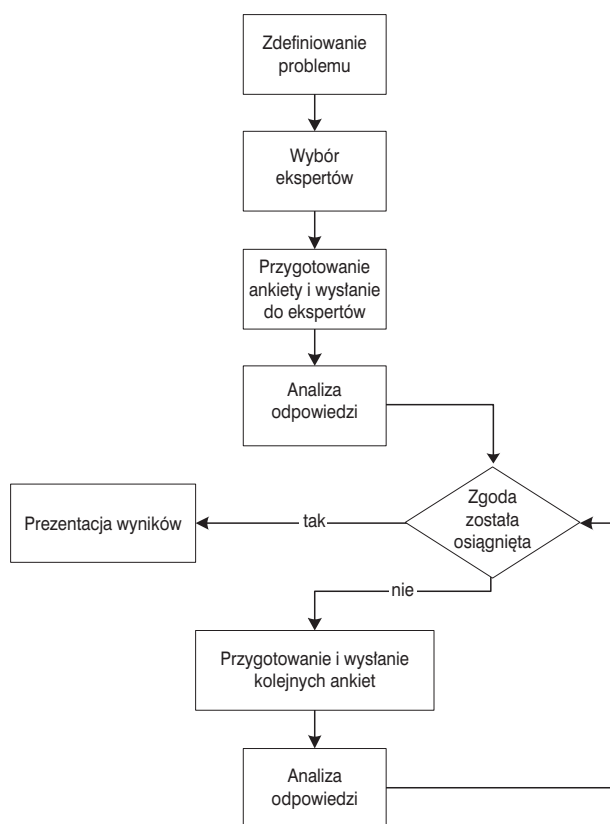
Powyższe cechy stanowią jednocześnie zalety tej metody. Ma ona jednak wiele wad, do których należą:

- zaangażowanie dużej grupy osób opracowujących ankietę i analizujących opinie ekspertów;
- długi czas trwania badania, będący efektem wieloetapowości;
- brak bezpośredniej wymiany poglądów pomiędzy uczestnikami badania;
- trudności w odpowiednim sformułowaniu ankiety;
- problemy z doбором odpowiednich ekspertów i ich małe zaangażowanie w przypadku niewprowadzenia ich w szczegóły badań.

W wielu przypadkach odpowiedzi ekspertów mają charakter niejednoznaczny, typu: „technologia A jest dużo lepsza od technologii B”. Aby umożliwić analizę tak otrzymywanych odpowiedzi, opracowano rozmytą wersję metody delfickiej (ang. *fuzzy Delhi*). Metoda ta, łącząca, opisaną w następnych podrozdziałach, logikę rozmytą z klasyczną metodą delficką, została opracowana w 1993 roku przez Ishikawę i innych (1993).

Sposób prowadzenia analiz

Badania metodą delficką są realizowane według schematu, który prezentuje rysunek 4.



Rysunek 4. Schemat postępowania w metodzie delfickiej. Źródło: opracowanie własne na podstawie: Riggs W.E. (1983): *The Delhi technique. An experimental evaluation*, Technological Forecasting and Social Science, nr 23, 1.

Ważnym elementem metody delfickiej jest opracowanie uzyskanych wyników. Zazwyczaj odpowiedzi na pytania ankietowe są pomiarami w skali nominalnej lub porządkowej. Oznacza to, że dotyczą przede wszystkim cech jakościowych. W przypadku, gdy odpowiedzi są przedstawione w skali nominalnej, można je poddać klasyfikacji ze względu na wyróżnione warianty. Gdy odpowiedzi są podawane w skali porządkowej, można je uporządkować, wcześniej przypisując poszczególnym wariantom odpowiednie liczby naturalne. W sytu-

acji, gdy eksperci podają odpowiedzi w postaci liczb, mamy do czynienia ze skalą przedziałową lub ilorazową. Zakres możliwych operacji, w zależności od rodzaju skali, w jakiej są podawane odpowiedzi, został zaprezentowany w tabeli 4.

Tabela 4. Zestaw możliwych obliczeń na różnych skalach pomiarowych

| Skala | Miary statystyczne | | |
|--------------|---|---|--|
| | Położenia | Zmienności | Siły związku |
| Nominalna | Modalna (dominanta) | Entropia, dyspersja względna klasyfikacji | Współczynnik asocjacji |
| Porządkowa | Mediana, kwartyle | Rozstęp między-kwartylowy | Współczynnik korelacji rang, współczynnik konkordancji |
| Przedziałowa | Średnia arytmetyczna | Odchylenie standardowe, odchylenie przeciętne | Współczynnik korelacji |
| Ilorazowa | Średnia geometryczna, średnia harmoniczna | Współczynnik zmienności | |

Źródło: Cieślak M. (2005): *Prognozowanie gospodarcze. Metody i zastosowania*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, s. 211.

W przypadku niejednoznacznych odpowiedzi ekspertów zastosowanie ma rozmyta wersja metody delfickiej. Stanowi ona połączenie klasycznej wersji metody delfickiej z logiką rozmytą. Polega ona na tym, że na podstawie opinii ekspertów wyznacza się liczby rozmyte, trójkątne postaci:

$$\tilde{w} = (a_k, b_k, c_k)$$

Wielkości a_k , b_k i c_k oznaczają odpowiednio najniższą, średnią i najwyższą ocenę np. k -tego kryterium spośród ocen przysyłanych przez ekspertów.

Jedną z metod sprowadzania liczby rozmytej do wartości nierozmytej (operacja zwana w literaturze *defuzyfikacją*) – metoda *center of gravity* pozwala na przypisanie k -temu kryterium następującej oceny:

$$S = \frac{a_k + b_k + c_k}{3}$$

Możliwe jest również reprezentowanie odpowiedzi każdego z ekspertów w postaci liczby rozmytej trójkątnej. Operacje ich agregacji oraz wyznaczania ostatecznej opinii w postaci nierozmytej liczby mogą bazować na działaniach zdefiniowanych dla liczb rozmytych, takich jak sumowanie \oplus , iloczyn \otimes i *defuzyfikacja*.

Przykłady zastosowania

Metoda delficka jest powszechnie stosowana na początkowych etapach oceny, rankingowania i selekcji technologii. Jej wersja rozmyta posłużyła do zebrania ocen ekspertów, np. w procesie selekcji technologii związanych z wytwarzaniem organicznych diod elektroluminescencyjnych (ang. *organic Light Emitting Diode*) (Shen, Lin, Tzeng, 2011). Pozwoliła na określenie zestawu kryteriów, które następnie wykorzystano w procesie wyboru technologii.

Również Gerdri i Kocaoğlu (2007) zastosowali rozmytą wersję metody delfickiej w ramach metodyki badań technologii zwanej *Technology Development Envelope* (TDE). Zebrane za jej pomocą informacje miały charakter strategiczny odnośnie do przyszłego rozwoju technologii. Nadrzędnym celem wspomnianej metodologii było wsparcie decydentów na poziomie wykonawczym w przedsiębiorstwach w określeniu optymalnej ścieżki rozwoju technologii, którą organizacja powinna się kierować, aby osiągnąć maksymalne korzyści. Metoda delficka stanowiła pierwszy etap metodyki TDE, w ramach której miała również zastosowanie metoda AHP, omówiona w dalszej części rozdziału.

Warunki stosowania metody

Metoda delficka jest prosta w implementacji. Dotyczy to zarówno etapu przygotowania ankiet, jak i obróbki statystycznej uzyskanych wyników. Z przeprowadzonego opisu wynika, że proste obliczenia statystyczne są na poziomie statystyki opisowej i dają się z łatwością zaimplementować w każdym programie komputerowym. Zwykły program do obsługi arkuszy kalkulacyjnych, taki jak Microsoft Excel, może z łatwością nadać się do przeprowadzenia takich obliczeń.

Modele scoringowe – porównywanie parami

Charakterystyka metody

Modele *scoringowe* należą do grupy metod wieloatrybutowych, wykorzystywanych w analizie i selekcji projektów innowacyjnych. Ich cechą jest możliwość oceny projektów różnego typu. Podstawowe czynności realizowane w ramach wykorzystywania modeli *scoringowych* są następujące:

- 1) określenie zestawu kryteriów;
- 2) określenie zestawu wag przypisanych do poszczególnych kryteriów;
- 3) dokonanie punktacji końcowej.

Podstawową zaletą modeli *scoringowych* jest możliwość uwzględniania cech zarówno ilościowych, jak i jakościowych. Cooper, Edgett i Kleinschmidt (1999) przeprowadzili badania wśród przedsiębiorstw, z których wynikało, że 37,9% stosuje w swojej działalności różnego rodzaju modele *scoringowe*. Ideę tej grupy metod przedstawia poniższa formuła:

$$(1) \quad V = \sum_{i=1}^n v_i w_i$$

gdzie:

V – syntetyczna wartość (ocena) projektu,

v_i – wartość i -tej cechy projektu,

w_i – ważność i -tej cechy projektu.

Różnice pomiędzy metodami wieloatrybutowymi polegają na różnym sposobie wyznaczania v_i i w_i . Ograniczeniem metod wieloatrybutowych są trudności w ustalaniu wartości tych wielkości. W większości przypadków proces ten ma charakter subiektywny.

W literaturze można się spotkać z dwoma rodzajami nadawania wag i punktacji poszczególnym kryteriom. Jedna z metod bazuje na bezpośrednim, liczbowym, subiektywnym określeniu przez ekspertów wartości liczbowych z pewnej skali. Druga metoda polega na porównywaniu parami kryteriów, wskazując, które z nich jest lepsze i ile razy. W obu przypadkach najczęściej wykorzystywaną skalą punktacji jest skala Likerta, obejmująca nieparzystą liczbę pozycji (np. 3, 5, 7 lub 9), która może wyglądać w następujący sposób:

1. brak preferencji,
3. słaba preferencja,
5. umiarkowana preferencja,
7. silna preferencja,
9. bardzo silna preferencja.

Sposób prowadzenia obliczeń

Oceny parami prowadzą do zbudowania macierzy $A = [a_{ij}]_{n \times n}$, która jest macierzą ocen eksperckich (tzw. macierz preferencji) pomiędzy i -tym a j -tym kryterium (lub pomiędzy alternatywami). Elementy macierzy A charakteryzują się następującymi własnościami:

$$\begin{aligned} a_{ii} &= 1, \\ a_{ij} &= 1/a_{ji}, \\ a_{ij} &> 0. \end{aligned}$$

Gdy $a_{ij} \times a_{jk} = a_{ik}$, wtedy macierz \mathbf{A} jest zgodna (spójna), zaś jej największa i jedyna niezerowa wartość własna jest równa śladowi macierzy \mathbf{A} , czyli n . Jeśli przez w_i oznaczymy wagę i -tego kryterium, wtedy elementy a_{ij} możemy interpretować jako:

$$a_{ij} = \frac{w_i}{w_j}$$

Można wykazać, że:

$$(2) \quad \mathbf{A} \cdot \mathbf{w} = n \cdot \mathbf{w},$$

gdzie \mathbf{w} oznacza macierz kolumnową wag postaci:

$$\mathbf{w} = \begin{bmatrix} w_1 \\ \dots \\ w_n \end{bmatrix}$$

Rozwiązaniem równania (2) jest \mathbf{w} , zwany wektorem własnym, związanym z pierwszą wartością własną macierzy \mathbf{A} , czyli n . Zawiera on wagi przypisane poszczególnym kryteriom/alternatywom/technologiom.

W przypadku, gdy macierz \mathbf{A} nie jest spójna, istnieje n niezerowych wartości własnych. Wtedy \mathbf{w} będzie wektorem własnym związanym z największą wartością własną.

Spójność macierzy \mathbf{A} występuje w praktyce bardzo rzadko. Za prawie spójną można uznać taką macierz, dla której tzw. wskaźnik spójności CR (ang. *Consistency Ratio*) jest mniejszy od 0,1¹.

Wskaźnik CR jest obliczany w następujący sposób:

$$CR = \frac{CI}{RCI}$$

gdzie:

$$CI = (\lambda_{\max} - n)/(n - 1)$$

λ_{\max} – największa wartość własna macierzy \mathbf{A} ,

RCI – losowy wskaźnik zgodności (ang. *Random Consistency Index*), który przyjmuje wartości takie, jak wskazuje tabela 5.

¹ Czasami można spotkać się w literaturze z warunkiem, że CR powinno być mniejsze od 0,2.

Tabela 5. Wartości losowego wskaźnika zgodności RCI według różnych autorów

| N | Oak Ridge | Wharton | Golden Wang | Lane, Verdini | Forman | Noble | Tumala, Wan | Aguaron et al. | Alonso, Lamata |
|----|-----------|---------|-------------|---------------|--------|-------|-------------|----------------|----------------|
| | 100 | 500 | 1000 | 2500 | | 500 | | 100000 | 100000 |
| 3 | 0,382 | 0,58 | 0,5799 | 0,52 | 0,5233 | 0,49 | 0,500 | 0,525 | 0,5245 |
| 4 | 0,946 | 0,90 | 0,8921 | 0,87 | 0,8860 | 0,82 | 0,834 | 0,882 | 0,8815 |
| 5 | 1,220 | 1,12 | 1,1159 | 1,10 | 1,1098 | 1,03 | 1,046 | 1,115 | 1,1086 |
| 6 | 1,032 | 1,24 | 1,2358 | 1,25 | 1,2539 | 1,16 | 1,178 | 1,252 | 1,2479 |
| 7 | 1,468 | 1,32 | 1,3322 | 1,34 | 1,3451 | 1,25 | 1,267 | 1,341 | 1,3417 |
| 8 | 1,402 | 1,41 | 1,3952 | 1,40 | | 1,31 | 1,326 | 1,404 | 1,4056 |
| 9 | 1,350 | 1,45 | 1,4537 | 1,45 | | 1,36 | 1,369 | 1,452 | 1,4499 |
| 10 | 1,464 | 1,49 | 1,4882 | 1,49 | | 1,39 | 1,406 | 1,484 | 1,4854 |
| 11 | 1,576 | 1,51 | 1,5117 | | | 1,42 | 1,456 | 1,535 | 1,5365 |
| 12 | 1,476 | | 1,5356 | 1,54 | | 1,44 | 1,456 | 1,535 | 1,5365 |
| 13 | 1,564 | | 1,5571 | | | 1,46 | 1,474 | 1,555 | 1,5551 |
| 14 | 1,568 | | 1,5714 | 1,57 | | 1,48 | 1,491 | 1,570 | 1,5713 |
| 15 | 1,586 | | 1,5831 | | | 1,49 | 1,501 | 1,583 | 1,5838 |

Źródło: J.A. Alonso, T. Lamata (2006): *Consistency in the Analytic Hierarchy Process: A New Approach*, International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems, nr 14, 4, s. 445–459.

Brak spójności macierzy preferencji ($CR > 0,1$) powinien wiązać się z koniecznością ponownego przeanalizowania problemu, włącznie ze zweryfikowaniem ocen parami.

Istnieją również inne sposoby wyznaczania wag kryteriom na podstawie porównań parami. Jedną z nich opisano przy okazji omawiania metody MAUT.

Przykład zastosowania

Metoda porównań parami ma przede wszystkim zastosowanie w przypadku stosowania metody AHP i jej różnych odmian. Jest wykorzystywana zarówno do oceny ważności kryteriów, subkryteriów, jak i samych alternatyw, które w naszym przypadku oznaczają analizowane technologie.

Warunki stosowania metody

Warunki zastosowania metody są następujące:

- posiadanie ocen rozważanych obiektów w formie porównań parami, uzyskane w drodze badań ankietowych (np. metodą delficką),
- spójność macierzy ocen parami definiowana wartościami wskaźnika spójności $CR < 0,1$.

Metoda ta jest prosta w implementacji. Ogranicza się bowiem do takich operacji na macierzach jak wyznaczanie wartości własnych macierzy i wektora związanego z największą wartością własną. Metody obliczeniowe są powszechnie dostępne w literaturze poświęconej rachunkowi macierzowemu.

Metody statystyczne – analiza czynnikowa

Charakterystyka metody

Jedną z najczęściej wykorzystywanych metod statycznych w procesie oceny, rankingowania i selekcji technologii jest analiza czynnikowa. Jest zbiorczą nazwą metod używanych do sprawdzenia, jak nieobserwowane cechy (ang. *factors*) wpływają na ogólnie rozumiane wyniki (efekty), które są obserwowane.

Podstawowe cele analizy czynnikowej są następujące:

- określenie liczby cech wpływających na zbiór miar,
- określenie siły zależności pomiędzy każdą cechą a każdą obserwowaną miarą.

Analiza czynnikowa może bazować na analizie głównych składowych (ang. *Principal Component Analysis*, PCA), której celem jest zredukowanie liczby cech opisujących projekt i umożliwienie dokonywania porównań projektów ze sobą. Analiza głównych składowych stanowi model „komponentowy” analizy czynnikowej, który nie uwzględnia struktury wariancji w przeciwieństwie do modelu „klasycznego”.

Zaletą analizy czynnikowej jest możliwość odkrycia optymalnej liczby zmiennych ukrytych, które wyjaśniają wzajemne powiązania pomiędzy zmiennymi obserwowanymi.

Sposób prowadzenia obliczeń

W analizie czynnikowej zakłada się, że źródłem zależności pomiędzy zmiennymi są ukryte wspólne i specyficzne czynniki, co można wyrazić w następujący sposób:

$$(3) \quad X_j = \sum_{l=1}^k a_{jl}F_l + b_jU_j$$

gdzie znaczenia stosowanych wielkości są następujące:

X_j – j -ta obserwowana zmienna (obiekt), $j = 1, \dots, n$;

F_l – l -ty wspólny czynnik, $l = 1, \dots, m$;

U_j – j -ty specyficzny czynnik, $j = 1, \dots, n$;

a_{jl} – ładunek czynnikowy przypisany l -temu czynnikowi w j -tym obiekcie, $j = 1, \dots, n$, $l = 1, \dots, m$.

Zależność (3) można zapisać w postaci macierzowej:

$$(4) \quad \mathbf{X} = \mathbf{AF} + \mathbf{u}$$

Podstawowe zadanie analizy czynnikowej sprowadza się do rozwiązania poniższego równania ze względu na macierz \mathbf{A} :

$$(5) \quad \mathbf{R}^1 = \mathbf{AA}^T$$

Znalezienie tego rozwiązania kończy właściwą analizę czynnikową.

Macierz \mathbf{R}^1 jest macierzą korelacji pomiędzy obserwowanymi zmiennymi X_i i X_j . Jeżeli na głównej przekątnej wstawimy wartości 1, to mamy do czynienia z typową analizą głównych składowych. Natomiast w przypadku, gdy na głównej przekątnej umieścimy składniki reprezentujące zmienność (obliczone na podstawie elementów macierzy \mathbf{R}), którą wyodrębniają czynniki wspólne, to mamy do czynienia z typową analizą czynnikową. Warto porównać metodę głównych składowych z metodą czynników głównych (czyli klasyczną).

Metoda głównych składowych nie uwzględnia struktury wariancji zmiennych. Polega na transformacji układu n zmiennych wyjściowych w nowy układ wzajemnie nieskorelowanych n zmiennych. Natomiast metoda czynników głównych polega na transformacji n wyjściowych zmiennych w $m < n$ nowych, nieskorelowanych zmiennych. Uwzględnia strukturę wariancji, która rozkłada się na wariancję wspólną wszystkich zmiennych (tzw. ładunki czynnikowe) oraz wariancję swoistą (poszczególnych zmiennych) i wariancję błędu.

Istnieje wiele metod rozwiązania układu (5) ze względu na \mathbf{A} . Do najczęściej stosowanych należą: metoda głównego czynnika wykorzystująca metodę głównych składowych, metoda centroidalna i metoda największej wiarygodności.

Przykłady wykorzystania

Analiza czynnikowa znalazła przykładowe zastosowanie w określeniu najbardziej obiecujących obszarów technologii wytwarzania organicznych diod elektroluminescencyjnych (Shen, Lin, Tzeng, 2011).

Daną wejściową dla tej metody była macierz współczynników korelacji liniowej Pearsona wyznaczona na podstawie częstotliwości cytowań tzw. patentów bazowych (ang. *basic patents*) przez tzw. patenty docelowe (ang. *target patents*). Współczynnik ten stanowi ocenę podobieństwa par patentów bazowych. Metoda czynnikowa pozwoliła na określenie zestawu czynników, które wyjaśniają zaobserwowane związki pomiędzy parami patentów bazowych. Dokładniej, na podstawie analizy 137 patentów bazowych wybranych spośród 13 175 patentów-kandydatów, wyodrębniono 13 czynników wspólnych, z których 6 wyjaśniało

84,83% całkowitej zmienności współczynników korelacji stanowiących dane wejściowe dla analizy. Czynniki te zinterpretowano jako najbardziej obiecujące rodzaje (obszary) technologii, w ramach których opracowano analizowane patenty.

Inny przykład zastosowania analizy czynnikowej dotyczy badań atrakcyjności i konkurencyjności technologii w Chinach i Europie (Jolly, 2008). W tym celu wyodrębniono 32 kryteria: 16 opisujących atrakcyjność technologii i 16 opisujących konkurencyjność. Następnie przebadano menedżerów z 10 chińskich firm i 40 firm europejskich, uzyskując 82 obserwacji pochodzących z Chin i 372 obserwacji pochodzących z Europy. Metodą głównych składowych poddano analizie oddzielnie grupę danych z Chin i Europy. Wyznaczono po 6 wspólnych czynników opisujących atrakcyjność i po 5 wspólnych czynników, opisujących konkurencyjność.

Warunki stosowania metody

Analiza czynnikowa wymaga spełnienia wielu założeń, z których najważniejsze to:

- liniowość zależności pomiędzy czynnikami a obserwowanymi zmiennymi;
- normalny rozkład zmiennych obserwowanych w populacji.

Dodatkowo warunkiem analizy jest stwierdzenie istotności współczynników korelacji w macierzy **R**. Sugeruje się, aby stosunek liczby obserwowanych zmiennych do liczby ich obserwacji wynosił jak 1 do 3 (czy też nawet do 5).

Opisywana metoda jest stosunkowo złożona obliczeniowo. W związku z tym wskazane jest skorzystanie z wielu dostępnych implementacji, zawartych m.in. w takich pakietach statystycznych jak STATISTICA Data Miner czy Statgraphics.

Multi-Attribute Utility Theory – MAUT

Charakterystyka metody

Metody wieloatrybutowej teorii użyteczności MAUT (ang. *Multi-Attribute Utility Theory*) zastąpiły w analizach wykorzystywane wcześniej metody optymalizacyjne². Można je zaklasyfikować do grupy metod w ramach wielowymiarowej analizy danych. W metodach MAUT dokonuje się agregacji wskaźników,

² Metody AHP i MAUT należą do tzw. szkoły amerykańskiej rozwiązywania dyskretnych problemów wielokryterialnych, w przeciwieństwie do szkoły francuskiej, preferującej takie metody jak ELECTRE czy też PROMETHEE.

opisujących projekt/technologię, mających charakter zarówno ilościowy, jak i jakościowy, uzyskując globalną ocenę efektywności, zapewniającą ich kompatybilność. Do porządkowania technologii, traktowanych jako obiekty wieloatrybutowe, wykorzystuje się miarę syntetyczną U_i , która w literaturze przedmiotu nazywana jest również zmienną agregatową.

Metody MAUT stosuje się do zasad (aksjomatów) takich jak: przechodniość i brak odwracania pozycji (ang. *rank reversal*). Przechodniość jest jednym z podstawowych aksjomatów teorii podejmowania racjonalnych decyzji. Aksjomat przechodniości jest oczywisty dla znających podstawy matematyki. Drugi aksjomat odnosi się natomiast do przypadku dodawania nieistotnych alternatyw (rozwiązań, wariantów). Mianowicie dodanie nowego wariantu, który jest słabo zdominowany lub równoważny „starym” wariantom, nie powinno wpływać na optymalność lub nieoptymalność wariantów dotychczasowych. Ten typ odwracalności rang po raz pierwszy został zaobserwowany przez Beltona i Geara (1983) i jest zaliczany do odwracalności rang pierwszego typu.

Sposób prowadzenia obliczeń

Istota omawianej metody polega na wyznaczeniu użyteczności rozważanego wariantu jako średniej ważonej użyteczności tego wariantu w odniesieniu do każdego kryterium. Wagami w tym przypadku są relatywne ważności kryteriów mierzących udział tych kryteriów w sukcesie technologii. Formalnie, opisaną powyżej ideę można wyrazić za pomocą następującej zależności, pozwalającej obliczyć użyteczność U_i i -tego wariantu technologii:

$$(6) \quad U_i = \sum_{j=1}^n K_j \cdot U_{ij}$$

gdzie K_j oznacza relatywną ważność j -tego kryterium, wyrażającą względny udział j -tego kryterium w sukcesie technologii w odniesieniu do innych kryteriów; U_{ij} oznacza natomiast użyteczność i -tego wariantu w stosunku do j -tego kryterium.

Ważności K_j j -tego kryterium można obliczać na podstawie subiektywnych ważności, będących efektem porównań tego kryterium z każdym innym kryterium z osobna.

Szczegółowy sposób ustalania zarówno ocen porównawczych, jak i ostatecznie wag K_j jest jednak zupełnie inny, niż omówionej wcześniej metody porównań parami. Mianowicie, w macierzy porównań parami mamy:

$a_{j_1, j_2} = 1$, jeśli porównywane obiekty mają zbliżony udział w sukcesie technologii,

$a_{j1,j2} = 2$, jeśli obiekt o numerze $j1$ ma względnie większy udział w sukcesie technologii niż obiekt o numerze $j2$,

$a_{j1,j2} = 0$ w pozostałych przypadkach.

Na podstawie tak ustalonych ocen oblicza się ważność j -tego kryterium w następujący sposób:

$$(7) \quad K_j = \frac{\sum_{j2=1}^n a_{jj2}}{\sum_{j1=1}^n \sum_{j2=1}^n a_{j1j2}}$$

Użyteczność U_{ij} jest niczym innym jak relacją odległości j -tego kryterium w i -tym wariancie od najlepszej wartości tego kryterium w zbiorze wariantów w stosunku do rozpiętości pomiędzy najlepszą i najgorszą wartością tego kryterium³.

W przypadku j -tego kryterium, określanego mianem stymulanty (im większa wartość tym lepsza), obliczenia użyteczności U_{ij} przebiegają w następujący sposób:

$$(8) \quad U_{ij} = \frac{x_{ij} - x_{j\min}}{x_{j\max} - x_{j\min}}$$

gdzie x_{ij} oznacza wartość j -tego kryterium w ocenie i -tej technologii; $x_{j\max}$ oznacza największą wartość j -tego kryterium w grupie analizowanych technologii, zaś $x_{j\min}$ oznacza wartość najmniejszą. W przypadku destymulant użyteczność obliczana jest w następujący sposób:

$$(9) \quad U_{ij} = \frac{x_{j\max} - x_{ij}}{x_{j\max} - x_{j\min}}$$

Oznacza to, że tak uzyskana użyteczność jest wielkością niemianowaną, przyjmującą wartości z przedziału $[0,1]$. Wariant z największą wartością użyteczności U_i może być potraktowany jako najlepszy w zbiorze rozważanych wariantów technologii.

Przykłady wykorzystania

Sipos i Ciurea (2007) zaproponowali wykorzystanie metody MAUT do oceny efektywności produktowych projektów innowacyjnych. Bazuje ona na funkcji użyteczności Johna V. Neumanna i Oscara Morgensterna. Wykorzystali

³ Więcej o zasadach unitaryzacji zmiennych w: Ostasiewicz (1998, s. 118). O sposobach normowania zmiennych z wykorzystaniem unitaryzacji zerowej szerzej w: Kukuła (2000).

oni procedury bezwzorcowe do konstrukcji miary syntetycznej⁴. Natomiast do unormowania cech projektu wykorzystali opisaną wcześniej unitaryzację zerową, która powoduje unormowanie cech na przedziale $[0,1]$ z zachowaniem różnej wariancji cech. Warto zwrócić uwagę, że w przypadku stosowania tej metody przez Sipos i Ciurea, kryteriom o charakterze jakościowym, w sposób subiektywny, przypisano ocenę w skali 1–10 pkt. W cytowanym artykule autorzy nie pokazali przykładu rzeczywistego wykorzystania opisywanej tutaj metody.

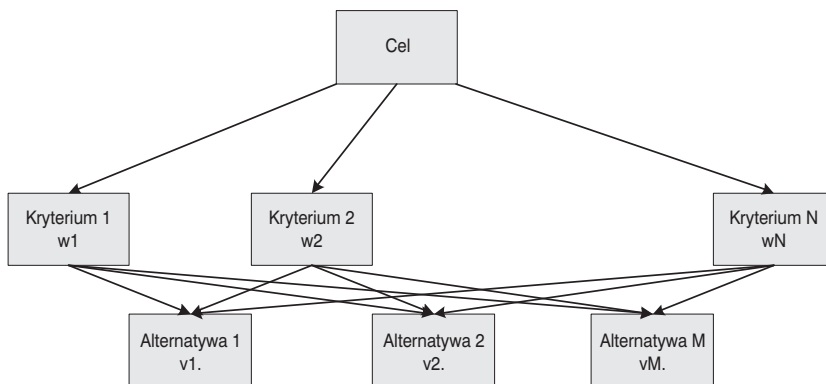
Warunki stosowania metody

Metoda, z punktu widzenia złożoności, nie jest zbyt skomplikowana. Wymaga, jak zresztą wiele innych metod, subiektywnych ocen wielkości o charakterze jakościowym. Metoda ta jest intuicyjnie zrozumiała i bez problemu nadaje się do zaimplementowania w dowolnym programie komputerowym.

Analytic Hierarchy Process – AHP

Charakterystyka metody

Metoda hierarchii analitycznej AHP (ang. *Analytic Hierarchy Process*) (Saaty, 1980) stanowi narzędzie wspomagania decyzji, które ma zastosowanie do rozwiązywania złożonych problemów. Jest pomocnym narzędziem dla osób podejmujących decyzje na bazie ich doświadczenia, wiedzy i intuicji (Brenner, 1994, s. 38–42). Może być wykorzystywana razem z opisaną dalej metodą DEA (Feng, Lu, Bi, 2004).



Rysunek 5. Założenia metody AHP. Źródło: opracowanie własne.

⁴ Wyróżnia się również procedury zakładające istnienie hipotetycznego wzorca; por.: Ostasiewicz (1998, s. 115).

Metoda AHP ma charakter hierarchiczny, co prezentuje rysunek 5. Na pierwszym poziomie określa się cel badań. Kolejnym jest definicja kryteriów, dla których ocenia się parami ich ważność. Następnie ocenom podlega ważność parami alternatyw (obiektów-technologii) z punktu widzenia każdego kryterium.

Do podstawowych zalet metody AHP należy zaliczyć:

- dostarczenie prostego i łatwego do zrozumienia, elastycznego modelu o charakterze hierarchicznym;
- wprowadzenie skali ocen dla elementów trudno mierzalnych (jakościowych) i metody ustalania priorytetów;
- wzięcie pod uwagę względnych priorytetów czynników i umożliwienie ekspertom wyboru najlepszej alternatywy, której podstawą jest założony cel.

Metoda AHP jest krytykowana w literaturze dlatego, że nie stosuje się do zasad (aksjomatów), takich jak przechodność i brak odwracania pozycji (ang. *rank reversal*).

Sposób prowadzenia obliczeń

Jak już wspomniano, podstawą metody AHP jest hierarchiczna analiza problemu, dla której na każdym poziomie dokonuje się ocen parami zarówno kryteriów, jak i rozważanych alternatyw/rozwiązań.

Algorytm postępowania w ramach metody AHP składa się z czterech kroków:

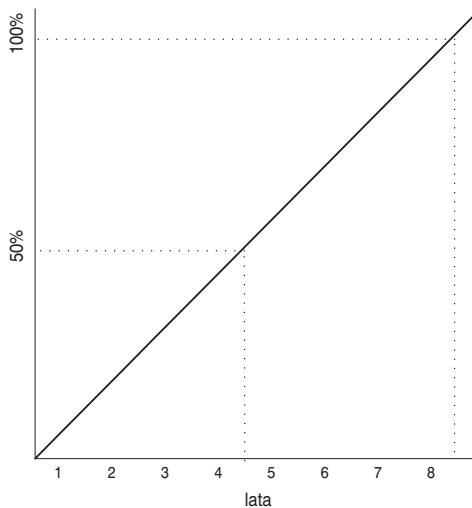
- 1) utworzenie hierarchicznej struktury procesu decyzyjnego (zazwyczaj stosuje się 3 lub 4 poziomy hierarchii);
- 2) zdefiniowanie preferencji decydenta oraz obliczenie ocen ważności dla wszystkich elementów hierarchii;
- 3) badanie spójności macierzy preferencji;
- 4) utworzenie rankingu końcowego.

W wyniku analiz otrzymuje się ważność kryteriów w_n oraz ważność alternatyw w ramach każdego kryterium v_{mn} . Ranking końcowy A_m alternatyw wylicza się według następującej zależności:

$$(10) \quad A_m = \sum_{n=1}^N w_n \cdot v_{mn}.$$

W ramach każdego kryterium dopuszczalne jest również definiowanie subkryteriów, dla których można wyznaczyć ważność. Wtedy alternatywy powinny być ocenione parami względem każdego ze zdefiniowanych subkryteriów.

W takim przypadku powyższy wzór przybiera bardziej złożoną postać. Do wyznaczenia zarówno ważności kryteriów i subkryteriów, jak i ważności alternatyw-technologii, wykorzystuje się opisaną wcześniej metodę porównań parami ocen uzyskanych w drodze badań ankietowych ekspertów z danej dziedziny. W pewnych przypadkach możliwe jest wyznaczanie ważności alternatyw w sposób bezpośredni bez wykorzystywania metody porównywania parami. Taki sposób ustalania wag technologii zastosowano m.in. w ramach wspomnianej wcześniej metodyki badań technologii TDE (Gerdsri, Kocaoğlu, 2007). W jej przypadku na ostatnim poziomie hierarchii względna ocena technologii została zastąpiona miarami efektywności. I tak, przykładowo, dla kryterium niezawodności technologii zdefiniowano 5 subkryteriów, z których jedno oznaczało trwałość. Dla jego oceny zdefiniowano funkcję, której przykładową postać zaprezentowano na rysunku 6.



Rysunek 6. Przykładowa funkcja oceniająca trwałość. Źródło: opracowanie własne na podstawie N. Gerdsri, D.F. Kocaoğlu (2007): *Applying the Analytic Hierarchy Process (AHP) to build a strategic framework for technology roadmapping*, Mathematical and Computer Modelling, nr 46.

Funkcja ta pozwala na określenie ważności (punktacji) rozważanej technologii na podstawie czasu życia technologii. I tak, na przykład, technologia z czasem życia 4 lata będzie oceniana na poziomie 0,5 (oś Y). Tak otrzymane wagi/oceny mogą być wykorzystywane w metodzie AHP w typowy dla tej metody sposób.

Przykłady zastosowań

Metoda AHP znalazła wiele zastosowań w procesie rankingowania i selekcji technologii. Jednym z przykładów jest jej wykorzystanie we wspomianej kilkakrotnie metodyce TDE⁵ w celu określenia wpływu na organizację takich technologii jak *jet-impingement* i *spray cooling*. W tym celu skonstruowano czteropoziomowy model hierarchiczny. Na pierwszym poziomie określono cel badania, na drugim zdefiniowano 7 kryteriów, takich jak: jakość, geometria, niezawodność, efektywność ekonomiczna, wpływ na środowisko, serwis i elastyczność. Na trzecim poziomie określono subkryteria w łącznej liczbie 19. Czwarty poziom zawiera oceniane technologie, a raczej ich efektywności.

Metodą porównań parami obliczono ważność kryteriów (w_i , $i = 1, \dots, 7$) oraz ważność subkryteriów (f_{ij} , $j = 1, \dots, n_i$, gdzie n_i oznacza liczbę subkryteriów w ramach i -tego kryterium). Za pomocą odpowiednio skonstruowanych funkcji (przykład funkcji dotyczącej trwałości podano na rysunku 6) wyznaczono na czwartym poziomie efektywność technologii z punktu widzenia każdego z podkryteriów. Funkcje te oznaczmy przez $V(i,j)$.

Ocenę końcową TV_m m -tej technologii obliczono z wykorzystaniem następującej zależności⁶:

$$(11) \quad \begin{aligned} TV_m = & w_1 \cdot f_{1,1} \cdot V(1,1) + \dots + w_1 \cdot f_{3,1} \cdot V(3,1) + \\ & + \dots + \\ & + w_7 \cdot f_{7,1} \cdot V(7,1) + \dots + w_7 \cdot f_{7,3} \cdot V(7,3) \end{aligned}$$

Warunki stosowania metody

Metoda AHP ma pewne ograniczenia. Należą do nich:

- ograniczenie, z praktycznych względów, do kilku elementów na jednym poziomie (zbyt duża liczba elementów na jednym poziomie czyni proces ocen parami stosunkowo złożonym);
- ocenianie technologii w ramach każdego subkryterium niezależnie od pozostałych subkryteriów;
- brak możliwości ustalania wag elementów na wyższym poziomie w zależności od składu poziomu niższego (czyli brak możliwości sprzężenia zwrotnego).

⁵ Inne zastosowania metody AHP zaprezentowano m.in. w: Ramanujam, Saaty (1981); Prasad, Somasekhara (1990); Melachrinoudis, Rice (1991).

⁶ W ramach pierwszego i ostatniego kryterium zdefiniowano po 3 subkryteria, dlatego we wzorze pojawia się liczba 3.

Research Centre of the Battelle Memorial Institute w latach 70. XX wieku. Metoda ta bazuje na ocenach siły wpływu jednych kryteriów na pozostałe w skali od 0 do 4 (0 oznacza brak wpływu, zaś 4 – silny wpływ). Tak uzyskane macierze porównań parami są następnie przekształcane (przekształcenia algebraiczne typu mnożenie macierzy i ich odwracanie) w celach normalizacji. Dzięki temu można otrzymać elementy macierz **A**. Wielokrotne mnożenie macierzy **A** przez siebie w celu uzyskania takich samych wartości w poszczególnych kolumnach kończy się określeniem wag przypisywanych do kryteriów.

Przykłady zastosowań

Metodę ANP wraz z rozmytą metodą delficką i metodą DEMATEL wykorzystano w ocenie technologii organicznych diod elektroluminescencyjnych (Shen, Lin, Tzeng, 2011). Zdefiniowano w tym celu 4 klastry w ramach następujących aspektów technologii:

- 1) ocena technologii,
- 2) wyniki ekonomiczne,
- 3) potencjał rozwoju technologii,
- 4) ryzyko.

Stosując rozmytą wersję metody delfickiej, w ramach każdego klastra wyznaczono istotne (akceptowalne) kryteria w liczbie 7 w pierwszym klastrze, 4 w drugim, 0 w trzecim i 3 w czwartym. Brak akceptowalnych kryteriów w ramach trzeciego klastra spowodowało zastąpienie go innym, oznaczającym wsparcie personelem technicznym.

Dla klastrów 1, 2 i 4, wykorzystując metodę DEMATEL, wyznaczono:

- macierz wzajemnych związków (wpływów) klastrów na siebie,
- macierz wzajemnych związków pomiędzy kryteriami w ramach każdego klastra.

Pozwoliło to na wyznaczenie supermacierzy **A** o wymiarach $(7+4+3+1) \times (7+4+3+1)$. Jej wielokrotne mnożenie przez siebie pozwoliło na uzyskanie ocen ważności (rankingu) 15 kryteriów.

Warunki stosowania metody

Metoda ANP stanowi uogólnienie metody AHP. Jednak nie powoduje to znacznego zwiększenia złożoności obliczeniowej w stosunku do AHP. Można więc uznać, że stopień złożoności tych dwóch metod jest podobny. Na uwagę zasługuje jednak fakt, że metoda ANP wymaga większej ilości pamięci, co nie powinno stanowić poważnego ograniczenia w jej stosowaniu.

Data Envelopment Analysis – DEA

Charakterystyka metody

Metoda granicznej analizy danych DEA (ang. *Data Envelopment Analysis*) (Charnes, Cooper, Rhodes, 1978)⁷ służy do rozwiązywania problemu oceny efektywności względnej (technicznej/technologicznej) obiektów. Należy do grupy metod nieparametrycznych, gdyż nie dokonuje się estymacji parametrów.

Poddawane analizom obiekty nazywane są jednostkami decyzyjnymi (ang. *Decision Making Unit*, DMU). Badanymi obiektami mogą być projekty innowacyjne, technologie czy też przedsiębiorstwa prowadzące działalność innowacyjną. W pewnych przypadkach za DMU przyjmuje się również etap realizacji projektu. W literaturze przedmiotu spotyka się zastosowanie tej metody do analizy zarówno regionów, jak i krajów pod względem potencjału innowacyjnego.

Ocena efektywności jest dokonywana za pomocą pewnego miernika efektywności. Porównuje on nakłady danego obiektu z jego efektami. Pozwala na ocenę sprawności obiektu w przekształcaniu nakładów w efekty, a także pozwala na uszeregowanie obiektów ze względu na tę sprawność.

W metodzie DEA zakłada się, że miara efektywności ma następujące właściwości:

- należy do przedziału $[0,1]$,
- im wyższa jest wartość, tym wyższa jest efektywność.

Wyznaczenie wskaźnika efektywności dla badanego obiektu (DMU) polega na rozwiązaniu odpowiednio skonstruowanego zadania programowania liniowego, w którym zmiennymi decyzyjnymi są dalej opisane wagi. Stąd też ta metoda jest zaliczana do grupy metod z zakresu badań operacyjnych.

Rozwiązanie zadania optymalizacyjnego, poza wskaźnikiem efektywności DMU, daje nam zbiór obiektów wzorcowych (tzw. benchmarków) wraz z przypisanymi do nich optymalnymi wielkościami wag. Wagi te określają, jak jednostka, która zaliczona została do nieefektywnych, powinna zredukować swoje nakłady, aby poprawić swoją efektywność.

Zaletą metody DEA w zastosowaniach do analiz projektów innowacyjnych jest to, że bierze pod uwagę nie tylko wiele nakładów, ale również pewien zestaw efektów (sukcesów). A jak wcześniej podkreślano, sukces procesu innowacyjnego można mierzyć z różnych punktów widzenia. Metodę tę można również zastosować do rankingowania i selekcji technologii.

⁷ Określana też jako metoda obwiedni danych, metoda efektywności granicznej.

Sposób prowadzenia obliczeń

Formalnie w metodzie DEA definiuje się następujące elementy:

- zbiór ocenianych obiektów O_1, \dots, O_J ,
- zestaw nakładów w ilości N , gdzie za X_{nj} przyjmuje się wielkość n -tego nakładu w obiekcie j ,
- zestaw efektów w ilości R , gdzie za y_{rj} przyjmuje się wielkość r -tego efektu w obiekcie j .

Funkcja celu zadania zorientowanego na nakłady (tzn. z minimalizacją nakładów przy dolnym ograniczeniu na wielkość efektów)⁸, dla obiektu o numerze o ma następującą postać⁹:

$$(12) \quad \max \theta_o = \frac{\sum_{r=1}^R u_{ro} y_{ro}}{\sum_{n=1}^N v_{no} x_{no}}$$

gdzie θ_o oznacza wskaźnik efektywności o -tego obiektu.

Zmiennymi decyzyjnymi są wspomniane wyżej wagi v_{no} i u_{ro} , które pokazują ważność poszczególnych nakładów i efektów w badanym obiekcie w kontekście wielkości wskaźnika DEA.

Powyższe zadanie należy do zagadnień programowania ilorazowego, które można sprowadzić do postaci liniowej metodą Charnesa i Coopera (Grabowski, 1982). Najczęściej w analizach wykorzystywana jest dualna postać zlinearyzowanego zadania optymalizacji postaci:

$$(13) \quad \min \theta_o$$

przy ograniczeniach:

$$(14) \quad \sum_{j=1}^J x_{nj} \lambda_{oj} \leq \theta_o x_{no} \quad n = 1, \dots, N,$$

⁸ Istnieje wersja ukierunkowana na efekty, w której maksymalizuje się rezultaty przy górnym ograniczeniu nałożonym na wielkość nakładów.

⁹ Zadanie to dotyczy modelu podstawowego DEA, opracowanego przez autorów tej metody: Charnesa, Coopera i Rhodessa, który w literaturze często określany jest mianem „CCR” – od pierwszych liter nazwisk autorów. Do tej pory opracowano wiele jego modyfikacji, których przegląd oferuje m.in. Guzik (2009).

$$(15) \quad \sum_{j=1}^J y_{rj} \lambda_{oj} \geq y_{ro} \quad r = 1, \dots, R,$$

$$(16) \quad \theta_o, \lambda_{oj} \geq 0 \quad j = 1, \dots, J.$$

Powyższe zadanie jest rozwiązywane dla każdego o -tego obiektu. Wynikiem jest wspomniana wcześniej miara efektywności θ_o oraz wagi λ_{oj} . Wagi te mają wyjątkowe znaczenie w metodzie DEA. Te, które są większe od zera, wskazują na obiekty będące wzorcami dla obiektu analizowanego. Informują one, w jakich proporcjach należy wziąć nakłady obiektów wzorcowych, aby analizowany o -ty obiekt osiągnął efektywność 100%. Natomiast miary efektywności $\min \theta_o$ nie tylko informują, jaka jest efektywność o -tego obiektu, ale również pozwalają je uszeregować według efektywności wykorzystywanej przez nie nakładów. Optymalna wartość miary $\min \theta_o$ mniejsza od 1 oznacza, że w badanym obiekcie wystąpiła rozrzutność nakładów. W innym przypadku pozostałe obiekty mogłyby uzyskać takie same efekty niższym nakładem niż obiekt analizowany¹⁰. Optymalna wartość miary $\min \theta_o = 1$ oznacza, że badany obiekt najlepiej spżytkował poniesione nakłady, czyli że jest on w pełni efektywny.

Przykłady zastosowań

Metoda DEA służy przede wszystkim do badania efektywności wykorzystania nakładów w jednostkach prowadzących działalność innowacyjną (przedsiębiorstw i sektorów¹¹, regionów kraju, uniwersytetów¹²). Możliwe jest też użycie metody do oceny efektywności względnej procesu badawczo-rozwojowego (projektów B + R), jak również porównania efektywności względnej technologii (pod warunkiem, że jest możliwe określenie zarówno nakładów, jak i efektów, związanych z rozwojem, produkcją, wdrażaniem lub stosowaniem porównywalnych technologii).

¹⁰ Oznacza to, że optymalne wartości nakładów innych obiektów, pozwalające uzyskać takie same efekty jak porównywany o -ty obiekt, są nie większe od nakładów, zaobserwowanych w badanym obiekcie.

¹¹ Por. np. sektor high-tech (Liu, Chuang, Huang, Tai, 2010, s. 594–598); sektor samochodowy (Jiang, Yang, Fang, 2008, s. 255–258).

¹² Por. np. Feng, Lu, Bi (2004). Przebadano tam 29 uniwersytetów w Chinach pod względem efektywności transformacji wyników badań do zastosowań praktycznych. Inne pozycje literaturowe, wykorzystujące metodę DEA w zbliżonym celu, to np. Ahn, Charnes, Cooper (1998, s. 259–260); Avkiran (2001, s. 57–80).

Warunki stosowania metody

Najpoważniejszą trudnością w stosowaniu metody DEA jest konieczność zaimplementowania algorytmu *simpleks* do rozwiązywania zadań programowania liniowego. Dostępnych jest jednak wiele gotowych implementacji tego algorytmu, w tym moduł *solver* w popularnym arkuszu Microsoft Excel.

Drzewa decyzyjne (ang. *decision trees*)

Charakterystyka metody

Analiza technologii może być przeprowadzona z wykorzystaniem narzędzi zwanych drzewami klasyfikacyjnymi (ang. *classification trees*) lub drzewami decyzyjnymi¹³ (ang. *decision trees*). W podstawowej formie zostały opracowane przez Breimana (Breiman, Friedman, Olsen, Stone, 1984). Metody te polegają na stopniowym dzieleniu zbioru rozważanych obiektów (tutaj: technologii) według wybranych ich cech na podzbiory tak długo, aż zostanie osiągnięta jednorodność tych podzbiorów z punktu widzenia przynależności obiektów do klas. Klasy te mogą być zdefiniowane na podstawie przyjętej w rozważaniach definicji sukcesu.

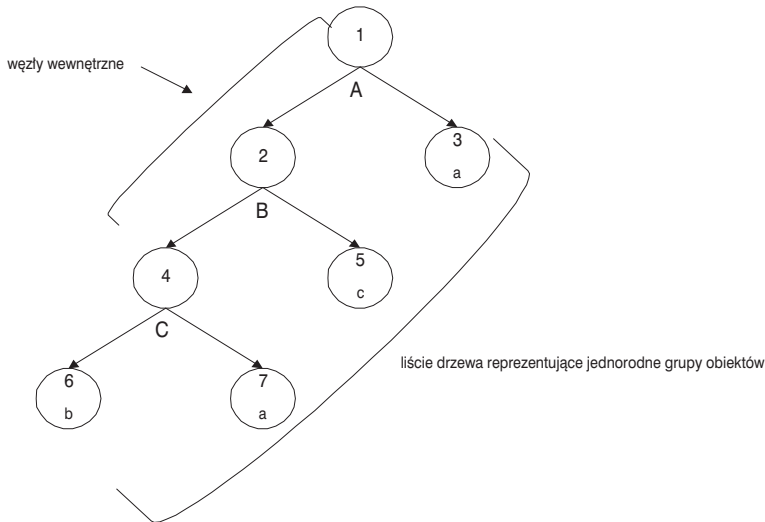
Metody drzew klasyfikacyjnych należą do grupy metod nieparametrycznych, co oznacza brak wymogu znajomości rozkładów wartości cech analizowanych obiektów. Nie jest również wymagana znajomość klasy funkcji opisujących wpływ wartości cech na przynależność obiektu do danej klasy. Ważną zaletą opisywanych metod jest to, że nie wymagają one wcześniejszego zdefiniowania zestawu najbardziej istotnych cech służących do rozpoznawania klasy obiektu. Cechy te są wybierane jednocześnie wraz z konstrukcją modelu. Metody te są również odporne na obserwacje nietypowe i występowanie niekompletnych danych, co nie jest przypadkiem rzadkim.

Sposób prowadzenia obliczeń

Drzewo klasyfikacyjne, reprezentujące podziały, składa się z korzenia odpowiadającego całemu zbiorowi obiektów, z którego wychodzą co najmniej dwie krawędzie połączone z węzłami leżącymi na niższym poziomie. Węzły te dotyczą podzbiorów otrzymywanych po kolejnych podziałach. Z każdym węzłem pośrednim związany jest warunek, definiujący regułę wyboru węzłów położonych niżej. Wybór ten reprezentuje podział zbioru obiektów na podzbiory. Węzły na najniższym poziomie, zwane liśćmi, nie posiadają warunku. Odpowiadają one

¹³ Metody te nazywane są również w literaturze metodami rekurencyjnego podziału, co wynika z tego, że na każdym poziomie dokonywany jest podział według tych samych reguł, które stosowane są na poziomie wyższym; por. Gatnar (1998, s. 169–170).

podzbiorem, na które podzielono cały zbiór obiektów, a które są jednorodne pod względem przynależności tych obiektów do poszczególnych klas. Graficzna reprezentacja drzewa klasyfikacyjnego wraz z opisem je charakteryzującym została przedstawiona na rysunku 7.



A, B, C oznaczają reguły podziału obiektów na podzbiory (grupy) według wybranych ich cech, np. $A = X_1 < v_{11}$, $B = X_2 < v_{12}$, $C = X_1 < v_{21}$; a, b, c oznaczają klasy obiektów.

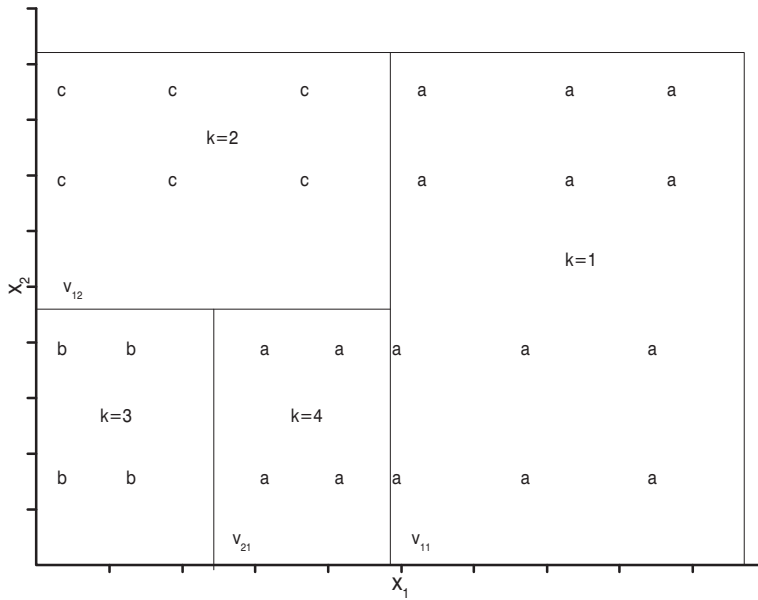
Rysunek 7. Graficzne odzwierciedlenie drzewa klasyfikacyjnego. Źródło: opracowanie własne.

Na rysunku 8 zaprezentowano geometryczną interpretację drzewa klasyfikacyjnego z rysunku 7 dla przypadku dwóch cech (X_1 , X_2) opisujących obiekt. Ścieżka prowadząca od wierzchołka 1 do liści reprezentuje zestaw (koniunkcję) testów umożliwiających zaklasyfikowanie obiektu do określonej klasy¹⁴.

W analizach innowacji spotyka się metodę drzew klasyfikacyjnych, rozszerzoną o podejście rozmyte. Rozmyte drzewa decyzyjne różnią się od klasycznych¹⁵ tym, że w każdym wierzchołku znajduje się zbiór obserwacji, traktowany jako zbiór rozmyty. W rozmytych drzewach decyzyjnych podział jest dokonywany na podstawie funkcji przynależności. I tak np. jeśli cecha obiektu jest mniejsza od $a - \frac{b}{2}$, to obiekt jest klasyfikowany do lewego zbioru, jeśli natomiast cecha

¹⁴ W przypadku, gdy do podziałów zbioru bierzemy tylko jedną cechę (przypadek jednowymiarowy), hiperpłaszczyzny są równoległe względem osi. Natomiast gdy do podziału wykorzystuje się więcej niż jedną cechę (przypadek wielowymiarowy), mamy do czynienia z hiperpłaszczyznami ukośnymi.

¹⁵ Klasyczne drzewa decyzyjne zakładają jednoznaczność przynależności obiektów do klasy.



Rysunek 8. Istota podziału zbioru obiektów na cztery podzbiory jednorodnie ze względu na ich przynależność do klas. Reguły podziału reprezentowane są prostymi równoległymi do osi; dane z rysunku 7. Źródło: opracowanie własne.

obiekty jest większa od $a + \frac{b}{2}$, to obiekt trafia do prawego zbioru. W pozostałych przypadkach obiekt jest klasyfikowany do obydwu zbiorów z określeniem funkcji przynależności $\mu, 1 - \mu$. W przypadku klasyfikacji obiekt jest zaliczany do liścia, dla którego funkcja przynależności jest maksymalna.

Przykłady zastosowań

W literaturze można znaleźć zastosowanie modyfikacji przedstawionego wyżej narzędzia do analizy projektów innowacyjnych, uwzględniających sieci neuronowe (Jin, Zhao, Chen, 2007; Jin, 2007), które umożliwiają „uczenie się” rozmytego drzewa decyzyjnego. W takich przypadkach rozmyte drzewo decyzyjne jest reprezentowane jako sieć neuronowa.

Warunki stosowania metody

Metoda drzew decyzyjnych wymaga stosunkowo złożonych obliczeń. Najlepiej skorzystać w tym przypadku z gotowych implementacji dostępnych na przykład w pakiecie STATISTICA.

Rozmyta metoda AHP (ang. *fuzzy AHP*)

Charakterystyka metody

Uwzględnienie niejednoznaczności w ocenach ekspertów, wynikających z faktu używania przez nich języka naturalnego, doprowadziło do opracowania rozmytej wersji metody AHP (ang. *fuzzy AHP*, FAHP) (Chang, 1992). Metoda ta bazuje na teorii zbiorów rozmytych, które zostały opisane bardziej szczegółowo w załączniku do niniejszego rozdziału. Opisany wcześniej algorytm postępowania w ramach FAHP nie różni się istotnie od tego, jaki został zaprezentowany przy okazji klasycznej metody AHP. Różnice polegają jednak na tym, że sposób obliczania zarówno wag kryteriów, subkryteriów, jak i samych technologii wykorzystuje operacje opracowane dla liczb rozmytych. Niewątpliwą zaletą opisywanej metody jest bezpośrednie przeniesienie określeń ekspertów na język matematyki, a dokładniej: wyrażanie ich osądów za pomocą trójkątnych liczb rozmytych. Pozwala to na przeprowadzanie analiz ilościowych cech o charakterze jakościowym.

Sposób prowadzenia obliczeń

Jak wspomniano wcześniej, algorytm postępowania realizowanego podczas metody FAHP jest taki sam jak dla wersji klasycznej AHP. Różnica dotyczy szczegółowych obliczeń, które uwzględniają rozmyty charakter ocen ekspertów.

W metodzie FAHP oceny ekspertów są wyrażane za pomocą liczb rozmytych trójkątnych. I tak na przykład dokonana przez k -tego eksperta ocena i -tej technologii ze względu na j -te kryterium może przyjmować następującą postać:

$$(17) \quad \widetilde{E}_{ij}^k = (LE_{ij}^k, ME_{ij}^k, UE_{ij}^k)$$

gdzie L, M i U symbolizują oceny odpowiednio najniższe, średnie i najwyższe¹⁶.

Obliczenie średniej oceny i -tej technologii z punktu widzenia j -tego kryterium przeprowadza się za pomocą operacji mnożenia \otimes i dodawania \oplus na liczbach rozmytych, czyli:

$$(18) \quad \widetilde{E}_{ij} = \frac{1}{m} \otimes (\widetilde{E}_{ij}^1 \oplus \dots \oplus \widetilde{E}_{ij}^m)$$

Średnia ocena w grupie m ekspertów ma więc następującą postać:

¹⁶ Liczby definiujące zbiór rozmyty – zob. Załącznik 2.

$$(19) \quad \widetilde{E}_{ij} = (LE_{ij}, ME_{ij}, UE_{ij}),$$

czyli jest nadal określona za pomocą liczby rozmytej, gdzie składowe ją definiujące mogą stanowić średnie arytmetyczne odpowiednich składowych stanowiących oceny rozmyte poszczególnych ekspertów.

Zakładając, że wagi poszczególnych n kryteriów wyrażone są za pomocą wektora $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)$, ocenę i -tej technologii można uzyskać poprzez wykorzystanie rozmytej operacji „*” stanowiącej złożenie dodawania i mnożenia rozmytego:

$$(20) \quad R_i = \widetilde{E} * w$$

gdzie $\widetilde{E} = [\widetilde{E}_{ij}]$ i $R_i = [RL_i, MR_i, UR_i]$.

W efekcie otrzymujemy liczbę rozmytą, stanowiącą ocenę i -tej technologii. W celach rankingowania należy przeprowadzić operację *defuzyfikacji*, otrzymując liczbę nierozmytą BNP_i .

Istnieje wiele opracowanych metod *defuzyfikacji*. Jedną z nich, zwaną metodą środka pola (ang. *centre of area*, COA), polega na przeprowadzeniu obliczeń według następującego schematu:

$$(21) \quad BNP_i = LR_i + \frac{((UR_i - LR_i) + (MR_i - LR_i))}{3}$$

Wielkość ta stanowi podstawę rankingowania i selekcji technologii.

Przykłady zastosowań

Metodę FAHP zastosował m.in. jeden z instytutów badawczych w celu wspomaganie projektu rządowego *New Frontier Technology R&D Projects* (Hsu, Tzeng, Shyn, 2003). Projekt ten dotyczył oceny technologii na wstępnych etapach rozwoju, dla których nie było jeszcze wytworzonych produktów komercyjnych. Wspomniany projekt charakteryzował się następującymi cechami:

- specyficzna natura, będąca efektem finansowania przez państwo, gdzie ścierały się interesy różnych grup;
- uboga wiedza odnośnie do badanych technologii;
- duża niepewność technologiczna i ryzyko rynkowe.

Za zastosowaniem metody FAHP przemawiały:

- rozwiązanie problemu, wynikającego z różnicy pomiędzy gruntowną wiedzą, wymaganą na etapie analiz, a różnymi oczekiwaniami grup interesu;

- klarowność postępowania na etapie ewaluacji, sprzyjająca wypracowywaniu konsensusu;
- wytworzenie szerokiej wiedzy do dalszego ulepszania procesu wytwarzania technologii.

Autorzy cytowanej pozycji jako wadę upatrują zbyt dużą złożoność matematyczną obliczeń realizowanych w ramach metody, z czym autor niniejszego rozdziału nie może się zgodzić.

Warunki stosowania metody

Metoda FAHP nie odbiega, w sensie warunków stosowania, od metody klasycznej. Wręcz przeciwnie: jeżeli weźmie się pod uwagę punkt widzenia ekspertów, których wiedza stanowi podstawę wszelkich obliczeń, jest to metoda prostsza i bardziej zrozumiała intuicyjnie. Jak pokazano wcześniej, operacje na liczbach rozmytych można na tyle uprościć, aby ograniczały się do operacji mnożenia i dodawania na liczbach rzeczywistych. Dlatego też metodę tę można z łatwością zaimplementować w każdym programie, obsługującym podstawowe operacje arytmetyczne.

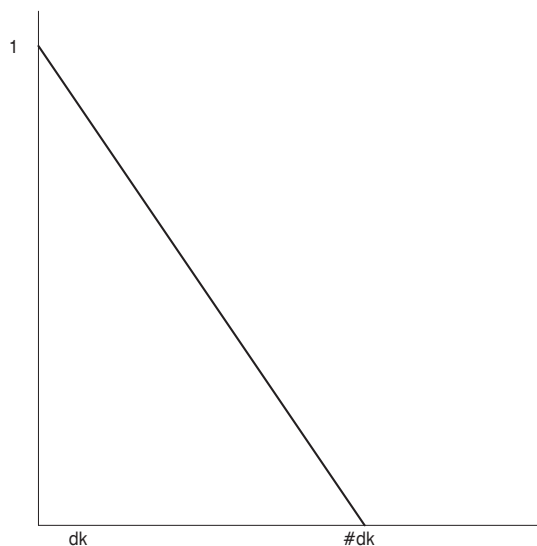
Statystyka szara (ang. *grey statistics*)

Charakterystyka metody

Statystyka szara jest – obok logiki rozmytej – jednym z narzędzi wspomagających podejmowanie decyzji w warunkach występowania niezbyt precyzyjnych osądów, dokonywanych przez ekspertów. To podejście analityczne, które zostało opracowane w Chinach, jest nadal mało znane i rzadko opisywane w literaturze. W odniesieniu do analizy i oceny technologii przykład zastosowania statystyki szarej zaprezentowali Chang i Chen, którzy wykorzystali ją do określenia krytycznych kryteriów przy wyborze technologii kolei wysokich prędkości (Chang, Chen, 1998).

Podstawową zaletą omawianej metody, odróżniającą ją od logiki rozmytej, jest wymagana mniejsza liczba danych wejściowych. Ta cecha odróżnia też statystykę szarą od innych metod, takich jak symulacje czy programowanie liniowe. Istota szarej statystyki polega na tym, że osądy ekspertów są wyrażane wagami, które są przypisywane przez nich (w postaci zwykłych liczb) poszczególnym kryteriom czy technologiom. Następnie przekształca się je za pomocą tzw. funkcji wybielających (ang. *whitening functions*), otrzymując w efekcie tzw. liczby białe (ang. *whitened values*) z przedziału $[0,1]$. Im liczba jest bliższa jedności, tym dany osąd uznawany jest za bardziej pewny (jednoznaczny) – nie zaś za taki, który wyraża większą wagność.

Sposób prowadzenia obliczeń. Podstawą obliczeń dokonywanych w ramach statystyki szarej są funkcje wybielające. Mają one charakter funkcji przedziałami liniowych. Przykład takiej funkcji zaprezentowano na rysunku 9. Odpowiada ona relacji „mniejsze od pewnej liczby dk ”, przy czym $\#dk$ oznacza pewną krytyczną wartość górną, której nieprzekroczenie pozwala nam mówić o tym, że mamy do czynienia z liczbą mniejszą od dk . Im ocena jest bliższa wartości dk , tym funkcja wybielająca będzie dawała wartości bliższe jedności.



Rysunek 9. Funkcja wybielająca dla relacji „mniejszy niż dk ”. Źródło: opracowanie własne.

Pod tym względem funkcja wybielająca przypomina definicję liczby rozmytej. Zresztą podobnie do definicji liczby rozmytej trójkątnej, w szarej statystyce definiuje się funkcję wybielającą, reprezentującą relację „równy w przybliżeniu dk ”.

Osądy ekspertów mogą dotyczyć wybranych kryteriów, oceniających ich potencjalną ważność. Zazwyczaj należą do zbioru $\{1, \dots, 9\}$, czyli mogą być oparte na skali Likerta. Niech d_{ij} oznacza taką ocenę, dotyczącą j -tego kryterium, nadaną przez i -tego eksperta. Każdą z otrzymanych ocen przekształca się w liczbę z przedziału $[0, 1]$ za pomocą zestawu wspomnianych funkcji wybielających. Funkcji jest tyle, ile przyjętych kategorii możliwych ocen. Podział na kategorie i ich definicje przeprowadza się w sposób subiektywny. W ramach każdej kategorii oblicza się następnie sumę wartości odpowiedniej funkcji wybielającej dla ocen nadanych przez ekspertów, ważąc je dodatkowo poziomem wiedzy i doświadczenia każdego z nich. W efekcie dla każdego kryterium otrzymuje się wiele tak otrzymanych wartości, z których każda dotyczy jednej kategorii.

Wskazanie kryterium krytycznego następuje na podstawie największej wartości w szeregu, która jednocześnie determinuje kategorię, do jakiej oceniane kryterium należy zaliczyć. Oznacza to tym samym, że na wybór kryterium (lub kryteriów) krytycznego mają wpływ:

- pewność (jednoznaczność) ocen ekspertów,
- poziom ich wiedzy dotyczącej rozważanych technologii.

Jak widać, poziom ważności nadanej przez ekspertów poszczególnym kryteriom odgrywa mniejszą rolę.

Przykłady zastosowań

Prezentowany tutaj przykład zastosowania statystyki szarej dotyczy analizy 5 technologii transferu danych (Chen, Chung, Wei, 2006). Jego prezentacja została ograniczona tylko do etapu wyboru kryteriów krytycznych, jakie następnie mogą posłużyć do oceny wspomnianych technologii, zresztą również z wykorzystaniem szarej statystyki. Etap ten rozpoczyna się wypracowaniem przez ekspertów ocen wagowych (ze zbioru $\{1, \dots, 9\}$) kryteriów w liczbie 15. Dodatkowo każdy z ekspertów określa swój poziom wiedzy i doświadczenia związany z rozważanymi technologiami – w_i .

W badaniach ankietowych wzięło udział 20 ekspertów, których podzielono na 3 grupy ze względu na poziom ich doświadczenia. Dodatkowo wyróżniono 5 kategorii „szarości”: od niskiej (najmniej ważne kryteria) z wagami między 0 a 3, do najwyższej (najbardziej ważne), z wagami nie mniejszymi niż 7. Dla każdej kategorii zdefiniowano funkcje wybielające f_k , $k = 1, \dots, 5$, gdzie $k = 1$ oznacza kategorię najważniejszą (najwyższą). Następnie, dla każdej k -tej kategorii oceniono j -te kryterium, wykorzystując następującą zależność:

$$(22) \quad \sigma_{jk} = \sum_{i=1}^W f_k(d_{ij}) \cdot w_i$$

gdzie W oznacza liczbę ekspertów (tutaj 20), w_i – poziom doświadczenia i -tego eksperta, przy czym 1 oznacza eksperta z najmniejszym doświadczeniem.

Dzięki temu uzyskano np. dla pierwszego kryterium pięcioelementowy szereg liczb σ_{1k} postaci (30,82, 28, 6, 0, 0).

Największa wartość 30,82 w szeregu wskazuje, że eksperci postrzegają to kryterium jako bardzo ważne. Okazało się również, że jest to największa liczba w całym zbiorze wszystkich kryteriów. A to oznacza, że pierwsze kryterium zostało przypisane do zbioru kryteriów krytycznych. Kolejne kryterium, jakie zostało wybrane jako krytyczne, charakteryzuje się drugą co do wielkości war-

tością w pięcioelementowym szeregu. W podobny sposób wyznaczono jeszcze jedno krytyczne kryterium.

Warunki stosowania metody

Metoda wykorzystująca szarą statystykę wymaga przede wszystkim ocen zespołu ekspertów, analizujących technologie. Zaprezentowany przykład pokazuje również, że złożoność obliczeń matematycznych jest mała, co pozwala samodzielnie zaimplementować omawianą metodę.

Euklidesowa metoda rozmyta (ang. *Fuzzy Euclid*)

Charakterystyka metody

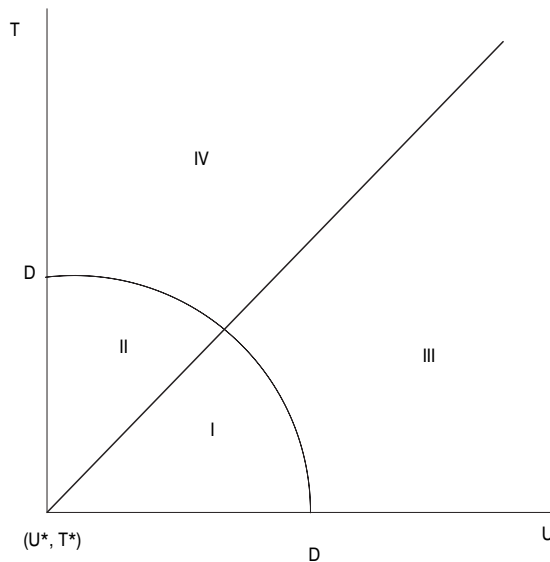
Euklidesowa metoda rozmyta (ang. *Fuzzy Euclid*, FE) została opracowana dla potrzeb analiz technologii powstających w biurze projektowym wahadłowców w ośrodku Kennedy'ego (Kennedy Space Center Shuttle Project Engineering Office). Jest jedną z wielokryterialnych metod wspomaganie decyzji i opiera się na dwóch podstawowych narzędziach: rozmyta wersja AHP i odległość euklidesowa. Pierwsze z nich pozwala na wyznaczenie wag dla poszczególnych technologii. Analizę przeprowadza się w środowisku rozmytym, która wymaga eksperckich ocen parami za pomocą liczb rozmytych. Otrzymane wagi o charakterze rozmytym podlegają *defuzyfikacji*, pozwalając na stworzenie rankingu rozważanych technologii. Drugie narzędzie umożliwia umieszczenie technologii w układzie współrzędnych i porównywanie ich położenia, na podstawie odległości euklidesowej, z tzw. technologią wzorcową. Technologia wzorcowa jest niczym innym jak punktem *nadir*, znanym w teorii optymalizacji wielokryterialnej.

Sposób prowadzenia obliczeń

Szczegółowy algorytm postępowania w ramach metody FE jest dość złożony. Z tego też względu zdecydowano się na przedstawienie następujących, ogólnych czynności, które towarzyszą ocenie technologii:

- 1) wstępny wybór technologii i oddziałów biorących udział w ocenie oraz wskazanie z każdego oddziału osób (zwanych dalej DM, *decision-makers*) uczestniczących w procesie ewaluacji;
- 2) wykorzystanie AHP, niezależnie w każdym oddziale, w celu określenia ich ważności w procesie ewaluacji;
- 3) wybór przez poszczególnych DM kryteriów, na podstawie których będą oceniane technologie. Kryteria te dzieli się na grupę definiującą możliwości (*opportunity*) i grupę definiującą zagrożenia (*threat*);

- 4) wykorzystanie AHP niezależnie w każdym oddziale w celu określenia ważności kryteriów z uwzględnieniem podziału na dwie grupy dokonanego w poprzednim punkcie algorytmu;
- 5) określenie w każdym oddziale z osobna subiektywnych prawdopodobieństw wystąpienia cech opisanych poszczególnymi kryteriami dla wszystkich technologii;
- 6) przeprowadzenie procesu defuzyfikacji na podstawie: wag przypisanych do oddziałów, wag wyznaczonych dla poszczególnych kryteriów i oszacowanych subiektywnych prawdopodobieństw. W wyniku tych czynności otrzymuje się dla każdej m -tej technologii parę ocen (U^m, T^m) , gdzie pierwsza dotyczy możliwości związanych z technologią, druga zaś zagrożenia;
- 7) zobrazowanie w układzie współrzędnych wszystkich technologii, gdzie na osi odciętych podaje się ocenę możliwości, zaś na osi rzędnych ocenę zagrożenia;
- 8) wyznaczenie wzorcowej technologii (U^*, T^*) i dokonanie podziału przestrzeni technologii na obszary na podstawie średniej odległości euklidesowej D pomiędzy ocenianymi technologiami a technologią wzorcową (zob. rysunek 10):



Rysunek 10. Podział przestrzeni technologii na 4 obszary (strefy) ze względu na poziom ryzyka T i potencjału U w euklidesowej metodzie rozmytej. Źródło: opracowanie własne na podstawie: M. Tavana, M.A. Sodenkamp (2010): *A fuzzy multi-criteria decision analysis model for advanced technology assessment at Kennedy Space Center*, Journal of the Operational Research Society, nr 61, s. 1459–1470.

- a. obszar I – projekty atrakcyjne ze względu na małe ryzyko i ogromny potencjał (ang. *exploitation zone*);
 - b. obszar II – projekty ryzykowne, ale z ogromnym potencjałem (ang. *challenge zone*);
 - c. obszar III – projekty z małym ryzykiem bez potencjału (ang. *discretion zone*);
 - d. obszar IV – projekty ryzykowne bez potencjału (ang. *desperation zone*);
- 9) wybór technologii ocenionej jako najlepsza.

Przykład zastosowań

Metoda *Fuzzy Euclid* została opracowana dla potrzeb analiz technologii powstających w biurze projektowym wahadłowców w ośrodku Kennedy’ego (Tavana, Sodenkamp, 2010). Wykorzystano ją do oceny 10 technologii, których równoległy rozwój wymagałby łącznych nakładów na poziomie 15 mln \$. Ośrodek Kennedy’ego dysponował jedynie budżetem w wysokości 10 mln \$, dlatego należało wybrać technologie najlepsze i możliwe do wsparcia w ramach dostępnego budżetu. W procesie ewaluacji uczestniczyły 3 oddziały. Pierwszy był odpowiedzialny za bezpieczeństwo, drugi za niezawodność i trzeci za stronę operacyjną. Na etapie definiowania kryteriów w każdym oddziale wybrano kryteria z podziałem na te, które określają możliwości technologii i te, które są związane z jej ryzykiem (por. tabela 6).

Tabela 6. Przykład wykorzystania euklidesowej metody rozmytej – liczba kryteriów zdefiniowanych w poszczególnych oddziałach z podziałem na możliwości i ryzyko

| Oddział | Liczba kryteriów: | |
|----------------|--------------------------------------|----------------------------------|
| | określających możliwości technologii | określających ryzyko technologii |
| Bezpieczeństwo | 7 | 7 |
| Niezawodność | 8 | 5 |
| Operacje | 10 | 7 |

Źródło: opracowanie własne na podstawie: M. Tavana, M.A. Sodenkamp (2010): *A fuzzy multi-criteria decision analysis model for advanced technology assessment at Kennedy Space Center*, Journal of the Operational Research Society, nr 61, s. 1459–1470.

Na podstawie końcowej oceny wszystkich kryteriów wyznaczono technologię wzorcową, charakteryzującą się następującą parą ocen:

$$U^* = \max\{U^m\} = 13,849$$

$$T^* = \min\{T^m\} = 4,307.$$

Dla każdej technologii obliczono odległość euklidesową od technologii wzorcowej. Następnie dokonano podziału przestrzeni technologii na 4 obszary. Na podstawie lokalizacji dokonano wyboru najlepszych technologii w ramach dostępnego budżetu. Dodatkowo, w obliczeniach wsparto się analizą porównawczą entropii wyznaczonej dla technologii idealnej i 10 technologii podlegających procesowi ewaluacji.

Warunki stosowania metody

Opisywana tutaj metoda, ze względu na wykorzystywanie metody AHP, wymaga znajomości specyfiki prowadzenia eksperckich porównań parami elementów uwzględnianych w analizach (tutaj: porównań oddziałów, porównań kryteriów, porównań technologii). Ze względu na podobną złożoność obliczeniową do AHP możliwe jest samodzielne opracowanie jej implementacji komputerowej w dowolnym języku programowania.

Dualna metoda AHP (ang. *dual AHP*)

Charakterystyka metody

Dualna metoda AHP (DAHP) stanowi rozszerzenie klasycznej metody AHP. Powodem jej opracowania były trudności, z jakimi można się spotkać na etapie definiowania hierarchii problemu rankingowania i selekcji technologii. W celu ich wyjaśnienia zostanie wykorzystany przykład rozważany przez Kima i innych (2010), którzy zastosowali metodę DAHP do wyboru najlepszych technologii związanych z urządzeniami elektronicznymi. Autorzy ci uważają, że główny cel, polegający na wyborze najlepszej technologii, powinien być rozważony z punktu widzenia trzech perspektyw: technicznej, strategicznej i ekonomicznej.

Okazuje się, że przyjęcie tych perspektyw jako kryteriów może spowodować, że zdefiniowanie dla nich podkryteriów staje się zagadnieniem wręcz niewykonalnym, a przynajmniej bardzo trudnym z technicznego punktu widzenia. Wynika to stąd, że w złożonej strukturze hierarchicznej problemu, czasami trudno jest wyróżnić podkryteria na niższym poziomie, które opisują technologię tylko z jednej perspektywy, znajdującej się na poziomie wyższym – po prostu perspektywy te są ściśle ze sobą powiązane, a, jak wcześniej wspomniano, klasyczna wersja AHP uniemożliwia uwzględnianie powiązań tego typu. W związku z tym wspomniani autorzy zaproponowali metodę DAHP, która polega na rozważeniu problemu za pomocą klasycznej AHP bez rozróżniania perspektyw w strukturze hierarchicznej, a następnie przeanalizowanie tego problemu bayesowską wersją AHP.

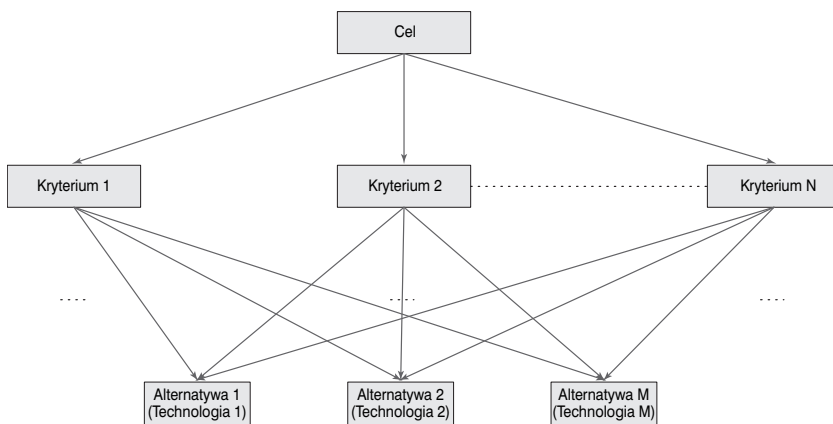
Sposób prowadzenia obliczeń

Metoda DAHP składa się dwóch części. Pierwsza obejmuje analizę problemu wyboru technologii za pomocą klasycznej AHP. Na najniższym poziomie hierarchii znajdują się technologie, których ocena odbywa się w tradycyjny sposób, bazując na ich porównaniach parami. Wynikiem tej części jest ranking najlepszych technologii.

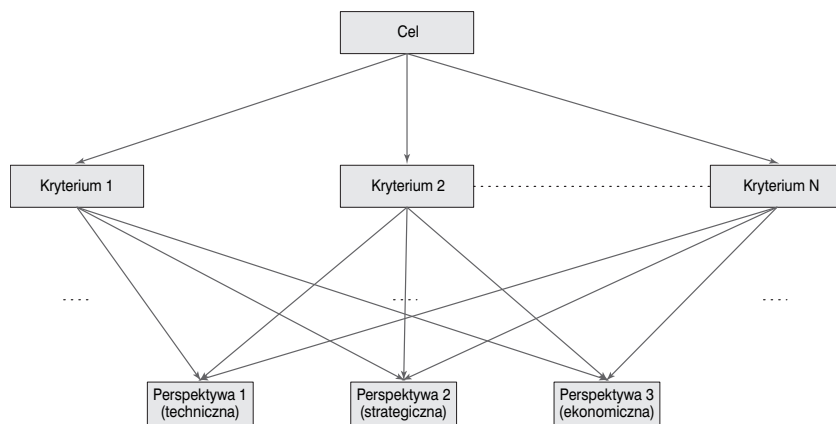
Druga część obejmuje analizę ważności kryteriów (lub podkryteriów – w zależności od tego, na ile poziomów drzewa hierarchicznego zdecydowano się w analizach) z punktu widzenia pewnych perspektyw, które w hierarchii problemu znajdują się na poziomie najniższym (zamiast technologii). W tym celu korzysta się z bayesowskiej wersji metody AHP (Saaty, Vargas, 1998). Wynikiem drugiej części są rankingi kryteriów (lub podkryteriów), które w klasycznej AHP znajdowały się na poziomie bezpośrednio nad technologiami. A dokładniej, jeśli zdefiniowano trzy perspektywy, to w wyniku analizy bayesowską AHP otrzymujemy po trzy rankingi kryteriów (podkryteriów). Rankingi z drugiej części analiz służą następnie do korygowania rankingów technologii, które zostały otrzymane w części pierwszej.

Istotę dwóch wariantów metody DAHP można wyjaśnić również w formie graficznej. Rysunek 11 prezentuje uproszczoną, trzy poziomową strukturę problemu, wykorzystaną w pierwszej części i rozwiązana klasyczną wersją AHP. Rysunek 12 pokazuje natomiast uproszczoną, również trzy poziomową strukturę problemu rozważanego w drugiej części. Można zauważyć różnice na najniższych poziomach obu hierarchii.

O ile otrzymanie rankingów technologii (alternatyw) przy wykorzystaniu klasycznej wersji AHP jest zrozumiałe, o tyle może dziwić sposób, w jaki uzyskano



Rysunek 11. Idea zastosowania klasycznej wersji AHP. Źródło: opracowanie własne.



Rysunek 12. Idea zastosowania bayesowskiej wersji metody AHP. Źródło: opracowanie własne.

ranking kryteriów, skoro w drugiej części na najniższym poziomie hierarchii umieszczono trzy perspektywy (1: techniczną, 2: strategiczną, 3: ekonomiczną). Problem ten rozwiązuje twierdzenia Bayesa, które pozwala „zamienić miejscami” warunek ze zdarzeniem, którego prawdopodobieństwo warunkowe jest liczone.

Przykłady zastosowań

Jak już wspomniano, dualna metoda AHP znalazła zastosowanie do rozwiązania problemu wyboru najlepszej technologii związanych z urządzeniami elektronicznymi w Korei (Kim i in., 2010). Przykład dotyczył 242 alternatyw (technologii). Struktura drzewa obrazującego problem składała się z 5 poziomów, które, licząc od najwyższego poziomu, były następujące:

- I poziom – cel główny;
- II poziom – kategorie (tutaj zdefiniowano 3 kategorie: system i urządzenia, sieć, komponenty);
- III poziom – kryteria w liczbie 19;
- IV poziom – podkryteria w liczbie 73;
- V poziom – alternatywy (technologie) w liczbie 242.

Pięciopoziomowa struktura posłużyła do oceny (rankingowania i wyboru) technologii najlepszych w klasyczny sposób stosowany w AHP. W ramach dwóch pierwszych kategorii i w ramach każdego kryterium należących do kategorii trzeciej wybrano po 5 najlepszych technologii, szeregując je od najważniejszej.

Następnie, ostatnią warstwę drzewa hierarchicznego zamieniono trzema perspektywami: techniczną, strategiczną i ekonomiczną. Za pomocą bayesowskiej AHP wyznaczono po 3 rankingi dla każdego podkryterium¹⁷. Tym samym każdemu podkryterium przypisano po trzy liczby: a , b i c , gdzie a oznacza pozycję danego podkryterium w rankingu, dotyczącego perspektywy technicznej, zaś b i c – pozycje podkryterium w rankingach dotyczących odpowiednio perspektywy strategicznej i ekonomicznej. Tym samym liczby te można było przypisać wybranym wcześniej, najlepszym technologiom. Suma $a + b + c$ obliczona dla technologii ustala ich nowy ranking ważności. I tak na przykład alternatywie „ tranzystor ” (V poziom w drzewie hierarchicznym) przyporządkowano przy wykorzystaniu metody AHP pierwszą pozycję w grupie nanotechnologii (kryterium – III poziom), która należy do trzeciej kategorii – „komponenty” (II poziom).

Wykorzystując bayesowską AHP, wyznaczono ranking podkryteriów, w tym również tych, które należały do grupy nanotechnologie. Jednym z podkryteriów były półprzewodniki, którym przypisano pierwsze miejsca w rankingach dla każdej z 3 perspektyw (czyli $a = 1$, $b = 1$, $c = 1$). Ponieważ tranzystor należał do tego podkryterium, stąd również jemu przypisano te same liczby. Ich suma dała wartość 3, czyli najmniej spośród wybranych alternatyw w ramach nanotechnologii. To zaś nie spowodowało zmiany pierwszego miejsca tranzystora w rankingu otrzymanym na początku analizy. W przypadku rankingu innych alternatyw miały miejsce pewne korekty w ich uszeregowaniu.

Warunki stosowania metody

Metoda DAHP swoją złożonością obliczeniową nie różni się znacznie od wersji klasycznej. Nie widać również dużych różnic dotyczących jakości danych wejściowych. Podobnie jak w przypadku metody AHP tak i tutaj wymagana jest wiedza ekspertów, których oceny parami alternatyw stanowią podstawę analiz. W metodzie DAHP wymagane są dodatkowo oceny podkryteriów z punktu widzenia zdefiniowanych perspektyw. Można więc uznać, że proces zbierania danych jest w przypadku metody DAHP nieco bardziej rozbudowany, czyniąc go bardziej pracochłonnym, a tym samym i czasochłonnym. Podobnie jak w przypadku metody AHP – im bardziej rozbudowane jest drzewo hierarchiczne definiujące problem, tym bardziej konieczne jest zebranie od ekspertów większej liczby ocen parami.

¹⁷ Zastosowanie twierdzenia Bayesa pozwoliło zamienić ranking perspektyw uzyskany dla podkryteriów na ranking podkryteriów ze względu na perspektywy.

3.3. Analiza porównawcza metod rankingowania i selekcji technologii

Zbiorcze zestawienie opisanych w poprzednim podrozdziale metod wraz z ich krótką charakterystyką, wskazującą na możliwości praktycznego stosowania w praktyce, prezentuje tabela 7.

Tabela 7. Zbiorcze zestawienie metod rankingowania i selekcji technologii

| Nazwa metody | Zastosowanie | Charakterystyka |
|---------------------|---|---|
| Metoda delficka | Przygotowanie danych wejściowych dla metod ewaluacji technologii: <ul style="list-style-type: none"> zestawu kryteriów, ocen ważności kryteriów, podkryteriów i technologii (w tym porównywanie parami) | <ul style="list-style-type: none"> Metoda wymaga przeprowadzenia serii badań ankietowych wśród ekspertów. Konieczne jest ustalenie osób odpowiedzialnych za przygotowanie ankiet, ich wysyłanie, obróbkę otrzymanych wyników w celu dopracowania się konsensusu. Wskazane jest prowadzenie badań z wykorzystaniem Internetu, co wymaga opracowania odpowiedniej strony. Możliwe jest zbieranie ocen ekspertów w formie niejednoznacznych opinii, co wymaga zastosowania w analizach teorii zbiorów rozmytych. |
| Porównywanie parami | Określenie ważności technologii za pomocą porównań parami technologii ze sobą z punktu widzenia różnych kryteriów. Metodę można stosować niezależnie lub jako element innych metod, np. do wyznaczenia ważności kryteriów, potrzebnych w stosowaniu metody <i>scoringowej</i> , MAUT czy AHP. Efektem jest ranking technologii. | <ul style="list-style-type: none"> Metoda wymaga eksperckich porównań parami technologii i kryteriów, które można uzyskać metodą delficką. Możliwe jest zastosowanie wersji rozmytej lub z wykorzystaniem szarej statystyki. Metoda nie wymaga prowadzenia złożonych obliczeń, a w związku z tym jest prosta w implementacji. |
| Analiza czynnikowa | Pozwala na określenie wspólnych czynników, które w syntetyczny sposób opisują technologie i w pewnym stopniu decydują o ich sukcesie. | <ul style="list-style-type: none"> Metoda stosunkowo złożona obliczeniowo. Wymaga zastosowania zaawansowanego aparatu matematycznego. Wskazane jest korzystanie z profesjonalnych pakietów statystycznych, takich jak np. STATISTICA czy Statgraphics. |
| MAUTA | Typowa metoda wyznaczająca ranking technologii, pozwalający na przeprowadzenie wyboru technologii najlepszych. | <ul style="list-style-type: none"> Wymaga znajomości wag kryteriów i technologii. Dopuszczalne jest zastosowanie w tym celu zarówno metody porównań parami, jak i oceny <i>scoringowej</i>, dającej bezpośrednią ocenę technologii z punktu widzenia pewnych kryteriów i podkryteriów. Metoda niezbyt złożona obliczeniowo (możliwość samodzielnej implementacji). Charakteryzuje się spełnieniem aksjomatów przechodności i <i>rank reversal</i>. |

| Nazwa metody | Zastosowanie | Charakterystyka |
|--|--|---|
| <p style="text-align: center;">AHP Fuzzy AHP</p> | <p>Typowa metoda, wyznaczająca ranking technologii, pozwalający na przeprowadzenie wyboru technologii najlepszych. Dzięki hierarchicznej strukturze problemu pozwala wykryć i zrozumieć występowanie dodatkowych prawidłowości, związanych z wytwarzaniem technologii.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Wymaga znajomości wag kryteriów i technologii. • Dopuszczalne jest zastosowanie w tym celu zarówno metody porównań parami, jak i oceny scoringowej, dającej bezpośrednią ocenę technologii z punktu widzenia pewnych kryteriów i podkryteriów. • Metoda intuicyjnie zrozumiała, ułatwiająca prowadzenie badań ankietowych wśród ekspertów. • Metoda niezbyt złożona obliczeniowo (możliwość samodzielnej implementacji). • W wersji klasycznej nie spełnia aksjomatów przechodności i <i>rank reversal</i>. • Jest najczęściej wykorzystywana w praktyce. Występuje w wersji zarówno klasycznej, jak i rozmytej, ułatwiającej ilościową ocenę czasami niejednoznacznych opinii ekspertów. • Wadą metody jest założenie o niezależności uwzględnianych w analizach kryteriów i podkryteriów. • Ocena ważności kryteriów na poziomie wyższym nie uwzględnia elementów znajdujących na poziomach niższych w hierarchii problemu (brak możliwości uwzględnienie w analizach sprzężenia zwrotnego). |
| <p style="text-align: center;">ANP</p> | <p>Typowa metoda wyznaczająca ranking technologii, pozwalająca na przeprowadzenie wyboru technologii najlepszych. Stanowi uogólnienie metody AHP.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Wymaga znajomości wag kryteriów i technologii. • Dopuszczalne jest zastosowanie w tym celu metody porównań. • W przeciwieństwie do metody AHP uwzględnia występowanie zależności w analizach kryteriów i podkryteriów. • Problem jest reprezentowany w postaci sieci powiązań. • Metoda bardziej złożona od AHP, ale z możliwością samodzielnej implementacji. • Dopuszczalne jest wykorzystywanie w analizach teorii zbiorów rozmytych. |
| <p style="text-align: center;">DEA</p> | <p>Metoda granicznej analizy danych służy do rozwiązywania problemu oceny efektywności względnej (technicznej/technologicznej) obiektów (technologii). Porównuje nakłady danej technologii z jej efektami. Pozwala na ocenę sprawności technologii w przekształcaniu nakładów w efekty, a także pozwala na uszeregowanie technologii ze względu na tę sprawność. Możliwe jest określenie <i>benchmarków</i>.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Metoda wyznacza wskaźnik efektywności poprzez rozwiązanie odpowiednio skonstruowanego zadania programowania liniowego. • Rozwiązanie zadania optymalizacyjnego, poza wskaźnikiem efektywności technologii, daje również zbiór obiektów wzorcowych (tzw. <i>benchmarków</i>). Odpowiada na pytanie, jak jednostka, która zaliczona została do nieefektywnych, powinna zredukować swoje nakłady, aby poprawić swoją efektywność. • Zaletą tej metody w zastosowaniach do analiz technologii jest to, że bierze pod uwagę nie tylko wiele nakładów, ale również pewien zestaw efektów (sukcesów). |

cd. tab. 7

| Nazwa metody | Zastosowanie | Charakterystyka |
|------------------|---|---|
| DEA | | <ul style="list-style-type: none"> Wymaga wykorzystania metody <i>simpleks</i> rozwiązywania zadań programowania liniowego (trudność samodzielnej implementacji). |
| Drzewa decyzyjne | Metoda pozwala na określenie, które cechy opisujące technologie mogą zdecydować o ich sukcesie. Wyznacza nie tylko zestaw takich cech, ale określa również ich ważność oraz sposób, w jaki wpływają one na sukces technologii | <ul style="list-style-type: none"> Z reguły wymaga podziału technologii na grupy. Podział ten może być dokonany za pomocą innych metod tworzących ich ranking lub metodami analizy skupień. Nie wymaga spełnienia wielu założeń, takich jak np. znajomości rozkładu cech. Metoda złożona obliczeniowo, co sugeruje wykorzystanie gotowych jej implementacji (np. w programie STATISTICA). Możliwe jest rozszerzenie metody o elementy logiki rozmytej. |
| Szara statystyka | Wynikiem może być zestaw tzw. kryteriów krytycznych, mających istotny wpływ na oceniane technologie. Metoda konkurencyjna wobec logiki rozmytej. Może stanowić element innej metody jako jej rozszerzenie. | <ul style="list-style-type: none"> Metoda wymaga znajomości ocen analizowanych technologii, dokonanych przez ekspertów. Podstawową zaletą, odróżniającą ją od logiki rozmytej, jest wymagana mniejsza liczba danych wejściowych. Na wybór kryterium (lub kryteriów) krytycznego mają wpływ: <ul style="list-style-type: none"> – pewność (jednoznaczność) ocen ekspertów, – poziom ich wiedzy dotyczącej rozważanych technologii. Poziom ważności nadanej przez ekspertów poszczególnym kryteriom odgrywa mniejszą rolę. |
| Fuzzy Euclid | Metoda pozwala na przypisanie poszczególnym technologiom wag w celu stworzenia ich rankingu. Umożliwia również ocenę stopnia atrakcyjności technologii z punktu widzenia korzyści i ryzyka. Sprawdzona w analizach projektów rozwoju technologii, wymagających znaczących nakładów finansowych. Pozwala na wyznaczenie technologii wzorcowej. | <ul style="list-style-type: none"> Wykorzystuje metodę AHP w wersji rozmytej, entropii i pomiaru odległości w przestrzeni wielowymiarowej. Wymaga eksperckich ocen parami za pomocą liczb rozmytych, podobnie jak metoda Fuzzy AHP. Nieco bardziej złożona niż AHP, ale z możliwością samodzielnej implementacji. |
| Dual AHP | Daje takie same wyniki jak metoda AHP. Dodatkowo, dzięki zastosowaniu jej bayesowskiej wersji, umożliwia otrzymywanie rankingów nie tylko technologii, ale również podkryteriów, pod względem których technologie są oceniane. | <ul style="list-style-type: none"> Jako rozszerzenie metody klasycznej AHP dziedziczy jej wszystkie cechy. Upraszcza proces opracowania hierarchicznej struktury problemu rankingowania i selekcji technologii. Korzysta z AHP w wersji klasycznej i jej bayesowskiej wersji. Dzięki tej ostatniej można ją zaadaptować do przypadku badania technologii w niepewnych warunkach rynkowych. Wymagania podobne do wymagań towarzyszących realizacji metody AHP. Możliwa do samodzielnej implementacji. |

Źródło: opracowanie własne.

Analiza literatury poświęconej metodom rankingowania i selekcji technologii wskazuje wyraźnie, że w procesie ewaluacji technologii warto wykorzystywać jednocześnie różne metody, które się uzupełniają. Wydaje się, że najbardziej odpowiednie będą w tym celu: metoda delficka, w miarę możliwości prowadzona z wykorzystaniem Internetu (stosowana w celu zgromadzenia ocen eksperckich) oraz metoda AHP lub *dual* AHP (stosowana w celu określenia rankingu technologii). W dalszych częściach książki przedstawiona będzie szczegółowa propozycja algorytmu oceny, rankingowania i selekcji technologii.

ROZDZIAŁ 4

Propozycja algorytmu oceny, rankingowania i selekcji technologii

KRZYSZTOF KLINCEWICZ

4.1. Uwagi wstępne

W poniższym rozdziale zostanie zaprezentowany szczegółowy wykaz możliwych kryteriów oceny technologii, podzielonych na grupy tematyczne i przygotowanych w celu bezpośredniego wykorzystania w procesach O-R-S. Zostanie również omówiona propozycja wariantowego algorytmu oceny, rankingowania i selekcji technologii, wykorzystującego przedstawione kryteria. Zaproponowany algorytm opiera się na przeglądzie literatury, który został zaprezentowany w rozdziale 2, jak również wiedzy o matematycznych metodach oceny, rankingowania i selekcji technologii, opisanych w rozdziale 3. Na podstawie krytycznej analizy wcześniejszych podejść opracowano propozycję kompleksowej, wielokryterialnej oceny. Jej kryteria mogą służyć zarówno analizie pojedynczej technologii (w celu określenia, pod jakimi względami odbiega ona od idealnego wzorca), jak i porównaniu charakterystyk kilku technologii w celu wyboru najlepszego, zdaniem oceniającego, rozwiązania.

Proponowane kryteria i metody koncentrują się na przypadkach porównywania i wyboru technologii obecnie dostępnych, posiadających określone parametry, zastosowania i potencjał rozwoju. Możliwe jest również zastosowanie niektórych spośród proponowanych kryteriów do podejmowania decyzji o wyborze projektów badawczo-rozwojowych, które dopiero miałyby doprowadzić do powstania technologii, jak również do selekcji kierunków przyszłych badań nad technologiami – zestawienia odpowiednich kryteriów zostaną zaprezentowane w niniejszym rozdziale, jednak wybór projektów B+R lub kierunków przyszłych badań nie są podstawowym zastosowaniem algorytmu.

Poszczególne grupy kryteriów będą wykorzystywane w zależności od specyficznej sytuacji, w której dokonywana jest ocena i rankingowanie. W szczegól-

ności warto dostosować wykorzystywane zestawy kryteriów do następujących, zróżnicowanych scenariuszy¹:

- rankingowanie związane z podjęciem decyzji o nowym produkcie technologicznym, który organizacja zamierza wprowadzić na rynek;
- rankingowanie związane z podjęciem decyzji o nowym procesie wytwórczym, który organizacja zamierza wykorzystać w zakładzie produkcyjnym lub decyzji o zakupie technologii dla własnych potrzeb;
- rankingowanie związane z podjęciem decyzji o inwestycjach w organizację-dostawcę technologii lub nawiązaniu z nią współpracy partnerskiej.

W tabeli 8 zaprezentowano najważniejsze grupy kryteriów rankingowania, które powinny być wykorzystywane w każdym z tych scenariuszy (w odniesieniu do poszczególnych scenariuszy decyzyjnych powtarzają się niektóre z grup kryteriów).

Warto również zwrócić uwagę na odmiennosc dwóch poniższych sytuacji:

- ocena, rankingowanie i selekcja porównywalnych technologii w celu wyboru najlepszego wariantu (np. w celu wdrożenia lub identyfikacji preferowanego partnera-dostawcy);
- ocena, rankingowanie i selekcja odmiennych, trudnych do bezpośredniego porównania technologii (np. w celu podjęcia decyzji o inwestycjach w prace B+R przy ograniczonej dostępności środków finansowych).

W przypadku tworzenia rankingu technologii istotnie odmiennych nie jest możliwe bezpośrednie porównanie wielu aspektów technicznych i marketingowych, trudne może okazać się również zastosowanie niektórych z proponowanych dalej kryteriów.

Istotną okazuje się uniwersalność kryteriów i algorytmu – możliwość zastosowania do oceny, rankingowania i selekcji rozwiązań o zróżnicowanych charakterystykach. Przydatność algorytmu rozważano, m.in. opierając się na poniższych grupach technologicznych:

- 1) technologie-produkty – bezpośrednio oferowane odbiorcom końcowym;
- 2) maszyny, urządzenia lub technologie procesowe – umożliwiające produkcję lub świadczenie usług, obniżające ich koszty, doskonalące parametry procesu, poprawiające parametry dotyczące jakości i bezpieczeństwa;

¹ W rozdziale zaprezentowana zostanie również inna typologia scenariuszy decyzyjnych, obejmująca także warianty rankingowania technologii, które jeszcze nie istnieją, a rozpatrywane są ewentualne inwestycje w ich stworzenie lub trwa projekt rozwoju technologii. Scenariusze zaprezentowane w tabeli 8 dotyczą z kolei technologii istniejących oraz najbardziej typowych przypadków rankingowania, spotykanych w praktyce gospodarczej.

Tabela 8. Zróżnicowanie kryteriów rankingowania w zależności od scenariusza decyzyjnego

| Scenariusz decyzji o rankingowaniu technologii | Najważniejsze grupy kryteriów |
|--|---|
| decyzje o nowym produkcie | <ul style="list-style-type: none"> • kryteria dotyczące innowacyjności • kryteria dotyczące konkurencyjności • kryteria strategiczne • kryteria marketingowe • kryteria dotyczące zastosowań technologii • kryteria techniczne • kryteria dotyczące ochrony patentowej • kryteria społeczne i etyczne • kryteria ekologiczne |
| decyzje o nowym procesie wytwórczym lub zakupie technologii dla własnych potrzeb | <ul style="list-style-type: none"> • kryteria techniczne • kryteria dotyczące technologii produkcyjnych • kryteria dotyczące zastosowań technologii • kryteria społeczne i etyczne • kryteria ekologiczne |
| decyzje o inwestycji w organizację-dostawcę lub nawiązaniu z nią współpracy partnerskiej | <ul style="list-style-type: none"> • kryteria dotyczące innowacyjności • kryteria dotyczące konkurencyjności • kryteria strategiczne • kryteria dotyczące doświadczeń organizacji-dostawcy • kryteria dotyczące znaczenia technologii dla organizacji-dostawcy • kryteria marketingowe • kryteria dotyczące zastosowań technologii • kryteria techniczne • kryteria dotyczące ochrony patentowej • kryteria społeczne i etyczne • kryteria ekologiczne |

Źródło: opracowanie własne.

- 3) rozwiązania z zakresu aparatury badawczej i testowej – wspierające procesy badawczo-rozwojowe oraz procesy testowania w sposób analogiczny do tego, jak technologie produkcyjne wspierają produkcję;
- 4) technologie materiałowe – komponenty, tworzywa sztuczne lub technologie pozwalające na wytwarzanie lub modyfikację charakterystyk materiałów, wykorzystywanych w dalszych procesach produkcyjnych (w tym technologie inżynierii powierzchni);
- 5) technologie służące regeneracji i utylizacji – maszyny, urządzenia lub procesy, przeznaczone do przetwarzania produktów, które osiągnęły końcowy etap cyklu życia oraz innych odpadów.

Pięć powyższych rodzajów technologii odpowiada typologii, którą zaprezentowano w podrozdziale 1.2.

Wszystkie proponowane kryteria opierają się na zastosowaniu 5-elementowej skali ocen, w której zmiany pomiędzy poszczególnymi wariantami różnią się proporcjonalnym wzrostem lub spadkiem intensywności (skala Likerta).

Takie ujednoczenie ułatwi wdrożenie standardowego procesu rankingowania i będzie łatwe do wsparcia w systemie informatycznym (wyeliminowane zostaną ewentualne problemy w interpretacji zmiennych lingwistycznych, dzięki czemu będzie możliwe wykorzystanie mniej skomplikowanego matematycznie i łatwego do implementacji w systemie informatycznym algorytmu rankingowania). W odniesieniu do wszystkich proponowanych kryteriów wymienione odpowiedzi są uszeregowane w kolejności od najkorzystniejszej (ocena najwyższa) do najmniej korzystnej (ocena najniższa). Z tego względu w przypadku niektórych kryteriów zastosowano odwróconą skalę, co ma w przyszłości ułatwić wykorzystanie algorytmów obliczeniowych (dla każdego kryterium pierwsza podana odpowiedź powinna zostać powiązana z wartością maksymalną – 5 lub 9^2 – a ostatnia odpowiedź z wartością najmniejszą – 1).

Kryteria zostały podzielone na następujące grupy:

- A) kryteria dotyczące innowacyjności,
- B) kryteria dotyczące konkurencyjności,
- C) kryteria strategiczne,
- D) kryteria dotyczące doświadczeń organizacji-dostawcy,
- E) kryteria dotyczące znaczenia technologii dla organizacji-dostawcy,
- F) kryteria marketingowe,
- G) kryteria dotyczące zastosowań technologii,
- H) kryteria techniczne,
- I) kryteria dotyczące technologii produkcyjnych,
- J) kryteria dotyczące ochrony patentowej,
- K) kryteria społeczne i etyczne,
- L) kryteria ekologiczne.

Poszczególne grupy różnią się znacząco liczbą proponowanych kryteriów, jednak nie wydaje się uzasadnione dążenie do ujednoczenia liczby kryteriów, stosowanych w odniesieniu do każdego z aspektów oceny, gdyż każdy z nich wymaga odmiennego podejścia i zgromadzenia innego zakresu informacji. Przedstawiona propozycja pozwala na uzyskanie możliwie pełnego obrazu specyfiki technologii i jej rynkowego potencjału. Zebrane na jej podstawie dane będą służyły ocenie wielokryterialnej przy wykorzystaniu odpowiedniego algorytmu, zaimplementowanego w rozwiązaniu informatycznym wspierającym proces rankingowania. Szczegółowa lista kryteriów oceny technologii została zaprezentowana w załączniku 3.

² W przypadku stosowania metody AHP do budowy rankingu, ze względów obliczeniowych wskazane będzie przypisanie kolejnym pozycjom skali wartości z przedziału [1, 9], a nie [1, 5], z pominięciem liczb parzystych.

4.2. Propozycja algorytmu O-R-S (oceny, rankingowania i selekcji technologii)

W dalszej części niniejszego rozdziału zaprezentowany zostanie zarys proponowanego algorytmu oceny, rankingowania i selekcji technologii, złożonego z 4 kroków, które mogą być wspierane przez oprogramowanie komputerowe, stworzone na podstawie zawartych w niniejszej ekspertyzie wskazówek. Te kroki to:

1. Określenie specyfiki sytuacji decyzyjnej.
2. Dobór odpowiednich kryteriów.
3. Ocena ekspercka technologii na podstawie dobranych kryteriów.
4. Ocena ekspercka wzajemnej ważności kryteriów.
5. Obliczenia pozwalające na stworzenie rankingu technologii.

Poniżej zaprezentowane zostaną poszczególne kroki algorytmu.

Określenie specyfiki sytuacji decyzyjnej

Ocenę, rankingowanie i selekcję technologii rozpoczyna określenie celu i uwarunkowań dla procesu O-R-S, czyli wskazanie specyfiki sytuacji decyzyjnej. Chociaż wcześniej wyjaśniono, że opisywane w literaturze procedury rankingowania i selekcji technologii dotyczą technologii istniejących, mających jednoznacznie określone właściwości, w pewnym zakresie możliwe jest wykorzystanie elementów stworzonego algorytmu również do wyboru projektów badawczo-rozwojowych oraz kierunków przyszłych badań nad technologiami.

Należy rozważyć cztery podstawowe warianty sytuacji decyzyjnej, w której rankingowaniu podlegają:

- 1) technologie jako nowe zagadnienia badawcze,
- 2) technologie w trakcie realizacji badań,
- 3) technologie na etapie planowania komercjalizacji,
- 4) technologie wybierane przez organizację w celu wdrożenia/do własnych zastosowań.

Wariant 1 – Technologie jako nowe zagadnienia badawcze

Wariant 1, dotyczący selekcji **technologii jako nowych kierunków badawczych**, odwołuje się do technologii, których dana organizacja jeszcze nie rozwija, ale chce przygotować długookresowy plan działalności badawczo-rozwojowej. Chociaż najbardziej rekomendowanym podejściem w tym wariantcie decyzyjnym

jest przeprowadzenie analiz typu *foresight*, możliwe jest również zastosowanie algorytmu rankingowania.

ZAŁOŻENIA:

- Technologia o określonych charakterystykach istnieje w otoczeniu organizacji.
- Organizacja rozważa możliwość podjęcia określonego kierunku badań.
- Rankingowanie dotyczy nierównoważnych opcji – technologii, które mogą oferować odmienne korzyści dla różnych grup odbiorców.
- Organizacja posiada ograniczone zasoby, co uniemożliwia zajęcie się wszystkimi spośród technologii.

UWAGI:

- Rankingowanie technologii będzie się opierać na spekulacjach ze względu na brak danych empirycznych.
- Nie jest możliwe jednoznaczne określenie, czy podjęcie badań doprowadzi do stworzenia technologii.
- Trudno przewidzieć parametry wariantu technologii, który zostanie rozwinięty przez organizację.
- Ze względu na długość procesu badawczo-rozwojowego, w momencie ewentualnego wprowadzenia na rynek, technologia może nie być już zgodna z oczekiwaniami odbiorców i parametrami technologii konkurencyjnych.
- Wyniki rankingowania technologii w tym przypadku będą obciążone szczególnie wysokim ryzykiem błędu, dlatego powinny być skonfrontowane z dodatkowymi opiniami ekspertów i poddane szerszej dyskusji w organizacji.
- Wskazane jest uzupełnienie zaproponowanych w niniejszym opracowaniu kryteriów analizami finansowymi nakładów, niezbędnych do podjęcia działalności badawczej związanej z rozwojem analizowanej technologii – szacunkowe wartości nakładów oraz liczby osób zaangażowanych powinny być dodatkowo wykorzystane przy podejmowaniu decyzji; wskazane jest też przygotowanie prognoz finansowych, zwłaszcza modeli oceniających spodziewaną wartość przepływów finansowych netto związanych z projektem.

Wariant 2 – Technologie w trakcie realizacji badań

Wariant 2 odwołuje się do **technologii w trakcie realizacji badań**, które nie są jeszcze dostatecznie dojrzałe, by możliwe było określenie ostatecznych parametrów technicznych czy podjęcie działań mających na celu wdrożenie lub komercjalizację.

ZAŁOŻENIA:

- Badania nad technologią są prowadzone przez organizację.
- Możliwe jest określenie przewidywanych charakterystyk technologii.
- Organizacja rozważa celowość kontynuacji prac badawczych lub ich ewentualne wstrzymanie.
- Rankingowanie dotyczy nierównoważnych opcji – technologii, które mogą oferować odmienne korzyści dla różnych grup odbiorców.
- Organizacja posiada ograniczone zasoby, co uniemożliwia kontynuację prac nad rozwojem wszystkich spośród analizowanych technologii.

UWAGI:

- Rankingowanie technologii opierać się będzie na przypuszczeniach ze względu na brak potwierdzonych wyników testów technicznych i rynkowych.
- Jest możliwe określenie prawdopodobieństwa pomyślnego zakończenia projektu, czyli stworzenia technologii.
- Można przewidzieć parametry technologii, która zostanie rozwinięta przez organizację.
- Ze względu na długość procesu badawczo-rozwojowego w momencie ewentualnego wprowadzenia na rynek technologia może nie być już zgodna z oczekiwaniami odbiorców i parametrami technologii konkurencyjnych (jest to szczególnie ważne ograniczenie w przypadku projektów, których przewidywane zakończenie nastąpi dopiero za kilka lat).
- Wyniki rankingowania technologii w tym przypadku będą obciążone pewnym ryzykiem błędu, dlatego wskazane jest ich skonfrontowanie z dodatkowymi opiniami ekspertów i poddanie szerszej dyskusji w organizacji.
- Wskazane jest uzupełnienie zaproponowanych w niniejszym opracowaniu kryteriów analizami finansowymi nakładów, niezbędnych do pomyślnego zakończenia projektu rozwoju analizowanej technologii – szacunkowe wartości nakładów oraz liczby osób zaangażowanych powinny być dodatkowo wykorzystane przy podejmowaniu decyzji; wskazane jest też przygotowanie prognoz finansowych, w szczególności modeli oceniających spodziewaną wartość przepływów finansowych netto związanych z projektem.

Wariant 3 – Technologie na etapie planowania komercjalizacji

Wariant 3 dotyczy **technologii istniejących, które mogą podlegać wdrożeniu i komercjalizacji** jako podstawa dla ewentualnych nowych produktów, a ich rankingowanie ma na celu wyłonienie najlepszych kandydatów do poddania tym procesom. To podstawowy scenariusz rankingowania i selekcji, który był analizowany w niniejszej ekspertyzie.

ZAŁOŻENIA:

- Projekt badawczo-rozwojowy, prowadzony przez organizację, doprowadził do stworzenia technologii.
- Możliwe jest określenie obecnych charakterystyk technologii.
- Możliwe jest określenie najbardziej prawdopodobnych przyszłych charakterystyk technologii w przypadku, gdy prace rozwojowe są kontynuowane w celu udoskonalenia technologii.
- Organizacja rozważa celowość komercjalizacji technologii (stworzenia wersji spełniającej wymogi pozwalające na wprowadzenie na rynek).
- Rankingowanie dotyczy nierównoważnych opcji – technologii, które mogą oferować odmienne korzyści dla różnych grup odbiorców.
- Organizacja posiada ograniczone zasoby, co uniemożliwia komercjalizację wszystkich spośród analizowanych technologii.

UWAGI:

- Omawiany wariant rankingowania jest podstawowym scenariuszem, rozważanym w niniejszej ekspertyzie i pozwala na pełne wykorzystanie opracowanych kryteriów.
- Rankingowanie technologii opierać się będzie na danych empirycznych, w tym potwierdzonych wynikach testów technicznych i rynkowych.
- Projekt rozwoju technologii zakończył się pomyślnie, czyli technologia istnieje.
- Można określić szczegółowe parametry technologii.
- Ocena opiera się na aktualnej wiedzy o parametrach technicznych oraz obecnych warunkach rynkowych.
- Wskazane jest uzupełnienie zaproponowanych w niniejszym opracowaniu kryteriów analizami finansowymi nakładów, niezbędnych do skutecznej komercjalizacji analizowanej technologii – szacunkowe wartości nakładów oraz liczby osób zaangażowanych powinny być dodatkowo wykorzystane przy podejmowaniu decyzji; wskazane jest też przygotowanie prognoz finansowych, w szczególności modeli oceniających spodziewaną wartość przepływów finansowych netto związanych z projektem.

Wariant 4 – Technologie wybierane przez organizację w celu wdrożenia/do własnych zastosowań

Wariant 4 odnosi się, tak jak poprzedni, do technologii istniejących, jednak koncentruje się na perspektywie użytkownika, który poszukuje odpowiedniej **technologii w celach wdrożeniowych** (podczas gdy wariant 3 dotyczył organizacji-dostawcy). Technologia może wspierać procesy wytwórcze lub inne procesy organizacyjne. Rankingowanie będzie zbliżone do wariantu 3, niezbędne będzie jednak uwzględnienie dodatkowych kryteriów.

ZAŁOŻENIA:

- Porównanie dotyczy istniejących technologii, opracowanych wewnętrznie przez organizację lub oferowanych przez zewnętrznych dostawców.
- Możliwe jest określenie obecnych charakterystyk technologii.
- Możliwe jest określenie najbardziej prawdopodobnych przyszłych charakterystyk technologii w przypadku, gdy prace rozwojowe są kontynuowane w celu udoskonalenia technologii.
- Organizacja zastanawia się, który z wariantów technologii wybrać w celu wdrożenia (do własnych zastosowań) – może to oznaczać m.in. nową technologię produkcyjną, aparaturę badawczą, rozwiązanie informatyczne wspierające działalność organizacji.
- Rankinguowanie dotyczy równoważnych opcji – technologii, które mogą oferować zbliżone korzyści dla tego samego odbiorcy.
- Organizacja posiada ograniczone zasoby i chce wybrać jedno rozwiązanie, najlepiej zaspokajające jej oczekiwania, ale także wskazać kolejne alternatywy uzyskane w procedurze rankinguowania.

UWAGI:

- Rankinguowanie technologii opierać się będzie na danych empirycznych, w tym danych technicznych i rynkowych.
- Technologia istnieje i została poddana niezależnym testom.
- Można określić szczegółowe parametry technologii.
- Ocena opiera się na aktualnej wiedzy o parametrach technicznych oraz obecnych warunkach rynkowych.
- Wskazane jest uzupełnienie zaproponowanych w niniejszym opracowaniu kryteriów analizami finansowymi nakładów, niezbędnych do wdrożenia analizowanej technologii – szacunkowe wartości nakładów oraz liczby osób zaangażowanych powinny być dodatkowo wykorzystane przy podejmowaniu decyzji; wskazane jest też przygotowanie prognoz finansowych, w szczególności modeli oceniających spodziewaną wartość przepływów finansowych netto związanych z projektem.

Dobór odpowiednich kryteriów

Dla każdego z czterech określonych powyżej wariantów decyzyjnych możliwe jest wskazanie najbardziej adekwatnych grup kryteriów, a nawet szczegółowy wybór indywidualnych kryteriów, które powinny być wykorzystywane do rankinguowania technologii.

We wcześniejszej części rozdziału zaprezentowano listę 184 kryteriów, które zostały podzielone na 12 grup. W niniejszym podrozdziale opisana zostanie propozycja wykorzystania poszczególnych kryteriów w algorytmie rankingowania, zróżnicowanym w zależności od wariantu sytuacji decyzyjnej, co zostało zaprezentowane w tabeli 9. Liczby kryteriów w poszczególnych grupach są zróżnicowane ze względu na różne zakresy niezbędnych informacji i szczegółowe obszary, które mogą podlegać ocenie.

Tabela 9. Zestawienie grup kryteriów oceny technologii

| Nazwa grupy kryteriów | Symbol | Liczba kryteriów w grupie |
|---|--------|---------------------------|
| Kryteria dotyczące innowacyjności | A | 3 kryteria |
| Kryteria dotyczące konkurencyjności | B | 13 kryteriów |
| Kryteria strategiczne | C | 8 kryteriów |
| Kryteria dotyczące doświadczeń organizacji-dostawcy | D | 7 kryteriów |
| Kryteria dotyczące znaczenia technologii dla organizacji-dostawcy | E | 22 kryteria |
| Kryteria marketingowe | F | 30 kryteriów |
| Kryteria dotyczące zastosowań technologii | G | 6 kryteriów |
| Kryteria techniczne | H | 18 kryteriów |
| Kryteria dotyczące technologii produkcyjnych | I | 5 kryteriów |
| Kryteria dotyczące ochrony patentowej | J | 9 kryteriów |
| Kryteria społeczne i etyczne | K | 24 kryteria |
| Kryteria ekologiczne | L | 39 kryteriów |

Źródło: opracowanie własne.

W celu ułatwienia wykorzystywania proponowanego algorytmu, zwiększenia przejrzystości prezentacji oraz ułatwienia ewentualnej implementacji komputerowej procesu rankingowania, szczegółowa propozycja została zaprezentowana w formie tabeli wskazującej odpowiednie kryteria. Prezentowane na kolejnych stronach tabele zawierają zbiór wszystkich 184 kryteriów, podzielonych na grupy. Symbole alfanumeryczne odwołują się do numerów kryteriów, zgodnie z konwencją stosowaną we wcześniejszych podrozdziałach. Zaczernienie pola tabeli (tło w kolorze czarnym, brak widocznego tekstu) oznacza nieprzydatność konkretnego kryterium w danym wariantcie sytuacji decyzyjnej lub niemożliwość jego wykorzystania. Podkreślenie alfanumerycznego symbolu kryterium wskazuje z kolei szczególną przydatność kryterium w danej sytuacji (choć wskazane byłoby wykorzystanie w algorytmie rankingowania wszystkich dostępnych kryteriów). Kolejne tabele prezentują rekomendacje zestawu kryteriów dla czterech wariantów sytuacji decyzyjnych.

Tabela 10. Zestawienie kryteriów rankingowania technologii na etapie planowania badań (wariant 1)

| | | | | | | | | | |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| A1 | A2 | | B1 | B2 | <u>B3</u> | <u>B4</u> | <u>B5</u> | <u>B6</u> | B7 |
| B8 | B9 | B10 | B11 | B12 | <u>B13</u> | C1 | C2 | C3 | C4 |
| C5 | C6 | C7 | C8 | D1 | D2 | D3 | D4 | D5 | D6 |
| D7 | E1 | E2 | E3 | E4 | <u>E5</u> | <u>E6</u> | E7 | E8 | <u>E9</u> |
| E10 | E11 | E12 | E13 | E14 | E15 | E16 | E17 | <u>E18</u> | |
| | | | F1 | F2 | F3 | F4 | <u>F5</u> | F6 | F7 |
| <u>F8</u> | <u>F9</u> | <u>F10</u> | F11 | F12 | <u>F13</u> | <u>F14</u> | F15 | F16 | F17 |
| <u>F18</u> | <u>F19</u> | <u>F20</u> | <u>F21</u> | F22 | F23 | <u>F24</u> | F25 | F26 | F27 |
| F28 | | | G1 | G2 | <u>G3</u> | G4 | <u>G5</u> | G6 | |
| H2 | | | | | <u>H7</u> | | | | |
| <u>H12</u> | <u>H13</u> | H14 | H15 | H16 | H17 | H18 | | | |
| | | | | | | | | | |
| | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 | K7 | K8 | K9 |
| K10 | K11 | <u>K12</u> | <u>K13</u> | <u>K14</u> | <u>K15</u> | <u>K16</u> | <u>K17</u> | <u>K18</u> | <u>K19</u> |
| <u>K20</u> | <u>K21</u> | K22 | K23 | <u>K24</u> | L1 | L2 | <u>L3</u> | L4 | L5 |
| L6 | L7 | L8 | L9 | <u>L10</u> | <u>L11</u> | <u>L12</u> | L13 | L14 | L15 |
| L16 | L17 | L18 | <u>L19</u> | L20 | L21 | L22 | L23 | L24 | L25 |
| L26 | L27 | L28 | L29 | L30 | L31 | L32 | L33 | L34 | L35 |
| L36 | L37 | L38 | L39 | | | | | | |

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 11. Zestawienie kryteriów rankingowania technologii w trakcie realizacji badań (wariant 2)

| | | | | | | | | | |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| A1 | A2 | <u>A3</u> | B1 | B2 | <u>B3</u> | <u>B4</u> | <u>B5</u> | <u>B6</u> | B7 |
| B8 | B9 | B10 | B11 | B12 | <u>B13</u> | C1 | C2 | C3 | C4 |
| <u>C5</u> | C6 | C7 | <u>C8</u> | D1 | D2 | D3 | D4 | D5 | D6 |
| D7 | E1 | E2 | E3 | E4 | <u>E5</u> | <u>E6</u> | <u>E7</u> | <u>E8</u> | <u>E9</u> |
| E10 | <u>E11</u> | E12 | <u>E13</u> | E14 | <u>E15</u> | <u>E16</u> | <u>E17</u> | | |
| | | E22 | F1 | F2 | F3 | F4 | <u>F5</u> | F6 | F7 |
| <u>F8</u> | <u>F9</u> | <u>F10</u> | <u>F11</u> | <u>F12</u> | <u>F13</u> | <u>F14</u> | F15 | F16 | F17 |
| <u>F18</u> | <u>F19</u> | <u>F20</u> | <u>F21</u> | F22 | F23 | <u>F24</u> | F25 | F26 | F27 |
| F28 | | | G1 | G2 | <u>G3</u> | G4 | <u>G5</u> | G6 | <u>H1</u> |
| <u>H2</u> | <u>H3</u> | H4 | <u>H5</u> | H6 | <u>H7</u> | <u>H8</u> | | | H11 |
| <u>H12</u> | <u>H13</u> | <u>H14</u> | <u>H15</u> | H16 | <u>H17</u> | H18 | | | |
| | | J1 | J2 | J3 | J4 | J5 | J6 | J7 | J8 |
| J9 | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 | K7 | K8 | K9 |
| K10 | K11 | <u>K12</u> | <u>K13</u> | <u>K14</u> | <u>K15</u> | <u>K16</u> | <u>K17</u> | <u>K18</u> | <u>K19</u> |
| <u>K20</u> | <u>K21</u> | K22 | K23 | <u>K24</u> | L1 | L2 | <u>L3</u> | L4 | L5 |
| L6 | L7 | L8 | L9 | <u>L10</u> | <u>L11</u> | <u>L12</u> | L13 | L14 | L15 |
| L16 | L17 | L18 | <u>L19</u> | L20 | L21 | L22 | L23 | L24 | L25 |
| L26 | L27 | L28 | L29 | L30 | L31 | L32 | L33 | L34 | L35 |
| L36 | L37 | L38 | L39 | | | | | | |

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 12. Zestawienie kryteriów rankingowania technologii na etapie planowania komercjalizacji (wariant 3)

| | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| A1 | A2 | A3 | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | B6 | B7 |
| B8 | B9 | B10 | B11 | B12 | B13 | C1 | C2 | C3 | C4 |
| C5 | C6 | C7 | C8 | D1 | D2 | D3 | D4 | D5 | D6 |
| D7 | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 | E6 | E7 | E8 | E9 |
| E10 | E11 | E12 | E13 | E14 | E15 | E16 | E17 | E18 | E19 |
| E20 | E21 | E22 | F1 | F2 | F3 | F4 | F5 | F6 | F7 |
| F8 | F9 | F10 | F11 | F12 | F13 | F14 | F15 | F16 | F17 |
| F18 | F19 | F20 | F21 | F22 | F23 | F24 | F25 | F26 | F27 |
| F28 | F29 | F30 | G1 | G2 | G3 | G4 | G5 | G6 | H1 |
| H2 | H3 | H4 | H5 | H6 | H7 | H8 | H9 | H10 | H11 |
| H12 | H13 | H14 | H15 | H16 | H17 | H18 | | | |
| | | J1 | J2 | J3 | J4 | J5 | J6 | J7 | J8 |
| J9 | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 | K7 | K8 | K9 |
| K10 | K11 | K12 | K13 | K14 | K15 | K16 | K17 | K18 | K19 |
| K20 | K21 | K22 | K23 | K24 | L1 | L2 | L3 | L4 | L5 |
| L6 | L7 | L8 | L9 | L10 | L11 | L12 | L13 | L14 | L15 |
| L16 | L17 | L18 | L19 | L20 | L21 | L22 | L23 | L24 | L25 |
| L26 | L27 | L28 | L29 | L30 | L31 | L32 | L33 | L34 | L35 |
| L36 | L37 | L38 | L39 | | | | | | |

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 13. Zestawienie kryteriów rankingowania technologii wybieranych przez organizację w celu wdrożenia/do własnych zastosowań (wariant 4)

| | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | | | | B3 | B4 | B5 | B6 | B7 |
| B8 | B9 | B10 | | | | | | | |
| | | | | D1 | D2 | D3 | D4 | D5 | D6 |
| | | | E3 | E4 | E5 | E6 | | E8 | E9 |
| | E11 | | E13 | | | | | | E19 |
| E20 | E21 | E22 | F1 | F2 | F3 | F4 | F5 | F6 | F7 |
| F8 | F9 | F10 | | F12 | F13 | F14 | | | |
| F18 | F19 | F20 | F21 | F22 | | F24 | F25 | F26 | F27 |
| F28 | | | G1 | G2 | G3 | | | G6 | H1 |
| H2 | | H4 | H5 | H6 | H7 | H8 | H9 | H10 | H11 |
| H12 | H13 | H14 | H15 | H16 | H17 | H18 | I1 | I2 | I3 |
| I4 | I5 | | | | | J5 | | | |
| | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 | K7 | K8 | K9 |
| K10 | K11 | K12 | K13 | K14 | K15 | K16 | K17 | K18 | K19 |
| K20 | K21 | K22 | K23 | K24 | L1 | L2 | L3 | L4 | L5 |
| L6 | L7 | L8 | L9 | L10 | L11 | L12 | L13 | L14 | L15 |
| L16 | L17 | L18 | L19 | L20 | L21 | L22 | L23 | L24 | L25 |
| L26 | L27 | L28 | L29 | L30 | L31 | L32 | L33 | L34 | L35 |
| L36 | L37 | L38 | L39 | | | | | | |

Źródło: opracowanie własne.

Proponowane kryteria i algorytm zostały opracowane w sposób, który nadaje się do oceny, rankingowania i selekcji różnych rozwiązań technologicznych. Uniwersalność proponowanego rozwiązania ułatwi jego wdrożenie i wykorzystywanie, dlatego nie wydaje się celowe wprowadzanie dodatkowych podziałów na rodzaje technologii.

Ocena ekspercka technologii w oparciu o dobre kryteria

Zaproponowane kryteria oceny zostały świadomie sformułowane w sposób pozwalający na jednoznaczną ocenę. Dzięki temu ocena ekspercka technologii będzie łatwiejsza, a w przypadku współpracy z wieloma ekspertami – wyniki ich pracy będą porównywalne. Tym samym wyeliminowano niedogodności dotyczące ocen formułowanych w języku naturalnym (por. dyskusja na temat metod matematycznych, odwołujących się do logiki rozmytej, w rozdziale 4). Ostre i jednoznacznie zdefiniowane kryteria uproszczą też matematyczne obliczenia, niezbędne do stworzenia rankingu technologii. Takie podejście pozwoli wreszcie na łatwe stworzenie oprogramowania komputerowego, wspierającego proponowany w niniejszej ekspertyzie algorytm.

W trzecim kroku algorytmu dokonywana jest właściwa ocena technologii przy wykorzystaniu odpowiedniego zbioru kryteriów. Istnieje kilka możliwości praktycznego przeprowadzenia tej oceny, co zostanie opisane poniżej.

Warto rozważyć, czy w odniesieniu do analizowanego zbioru technologii wystarczy dokonanie oceny przez pojedynczego eksperta, czy też wskazane będzie odwołanie się do wiedzy i opinii większej liczby osób. Oceny jednostkowe mogą zawierać błędy wynikające z niepełnej wiedzy, niedostatecznego zrozumienia specyfiki technologii lub realiów rynkowych. Wykorzystanie ekspertów do procesów pomiaru i oceny poziomu technologii jest istotnym ograniczeniem metodologicznym i możliwym źródłem błędów (Rosłanowska-Plichcińska, 1987, s. 142), choć jednocześnie wiele istotnych wymiarów, podlegających analizom, wymaga wykorzystania ekspertów i nie może opierać się wyłącznie na zautomatyzowanej interpretacji zgromadzonych danych ilościowych (por. przykłady w: Rosłanowska-Plichcińska, 1987, s. 84–89). Przydatne może okazać się wprowadzenie możliwości przeprowadzenia oceny przez więcej niż jedną osobę. Możliwe jest też dokonanie podziału grup kryteriów i umożliwienie poszczególnym ekspertom dokonywania oceny na podstawie wybranych grup – w ten sposób można wprowadzić odrębnych ekspertów, skoncentrowanych na aspektach rynkowych i technologicznych. W przypadku agregowania ocen więcej niż jednej osoby ważne jest zagwarantowanie możliwości powiązania konkretnych wyników oceny z osobą oceniającą. Może okazać się to przydatne w sytuacji, gdy trzeba będzie wyeliminować oceny danej osoby (np. ujawnienie niestaranności przy dokonywaniu ocen), pozwala też na prowadzenie analiz

statystycznych (np. porównań „surowości” ocen przypisywanych przez poszczególne osoby oceniające).

W przypadku gromadzenia ocen więcej niż jednego eksperta może być to dokonane przy wykorzystaniu techniki badań ankietowych w wersji papierowej lub elektronicznej, jak również wywiadu kwestionariuszowego (wywiad standaryzowany ustrukturalizowany). Na dodatkowe rozważenie zasługuje sposób agregacji zebranych w takiej sytuacji ocen zbiorowych. Możliwe scenariusze to:

- agregacja matematyczna – przez obliczenie miar położenia wartości ocen (łatwe do wdrożenia w rozwiązaniu informatycznym i niewymagające dodatkowych nakładów pracy przy organizacji procesu oceny);
- dążenie do uzyskania zbieżności ocen – przez zastosowanie metody delfickiej (por. podrozdział 4.2; wymaga ona kilkakrotnych iteracji – kontaktów z oceniającymi, co utrudnia praktyczne wdrożenie, ale pozwala na uzyskanie ocen lepiej odzwierciedlających specyfikę badanych technologii).

Ocena ekspercka wzajemnej ważności kryteriów

Większość matematycznych metod tworzenia rankingów wymaga określenia nie tylko wartości poszczególnych kryteriów decyzyjnych, ale także ich wzajemnej ważności przez serię ocen porównawczych. Nie jest możliwe określenie standardowych ważności kryteriów, które dotyczyłyby wszystkich możliwych sytuacji decyzyjnych. Ocena wzajemnej ważności powinna odwoływać się do specyficznych uwarunkowań organizacji, celów rankingowania, wspólnych cech podzbioru analizowanych technologii oraz ewentualnych priorytetów decyzyjnych, o których wiedzę mają eksperci. W przypadku skorzystania z wiedzy i doświadczeń zespołu ekspertów można zagwarantować intersubiektywność ocen i zminimalizować ryzyko błędu.

Opisane działanie jest niestety czasochłonne i wymaga przeprowadzania długiej serii ocen eksperckich. Rekomendowane jest wdrożenie procedury oceny zgodnej z wymogami metody AHP (*Analytic Hierarchy Process*, por. podrozdział 3.2). Chociaż poprzedni krok algorytmu pozwalał na odrębne analizowanie i ocenianie każdej technologii, teraz niezbędne jest porównanie wszystkich podlegających rankingowaniu technologii pod względem poszczególnych kryteriów. Ocena ta może odbywać się w sposób analogiczny do opisanej oceny kryteriów i być realizowana przez pojedynczego eksperta lub ich grupę, w formie ankiety lub wywiadu kwestionariuszowego, przy wykorzystaniu zliczania i uśredniania odpowiedzi lub metody delfickiej. W zależności od czasu, jaki eksperci mogą przeznaczyć na prowadzenie porównań, możliwa jest analiza wszystkich kryteriów albo grup kryteriów (oznaczonych w niniejszym rozdziale kolejnymi literami alfabetu). Należy pamiętać, że ten krok jest bardzo istotnym elementem algorytmu oceny, rankingowania i selekcji

technologii, a przez ekspertów powinien być postrzegany jako równie ważny jak sama ocena kryteriów.

Obliczenia pozwalające na stworzenie rankingu technologii

Po zgromadzeniu ocen eksperckich, opisanych w poprzednich podrozdziałach, dalsze obliczenia będą możliwe przy wykorzystaniu standardowego algorytmu metody AHP lub jej rozszerzonej wersji *dual AHP* (podrozdział 3.2). AHP jest najczęściej opisywanym w literaturze podejściem do podejmowania decyzji rankingowania i selekcji technologii. Hierarchiczna definicja problemu oceny, rankingowania i selekcji technologii pozwala na wykrycie zależności pomiędzy wykorzystywanymi kryteriami, co czyni ten problem intuicyjnie zrozumiałym i ułatwia tym samym uzyskanie wiarygodnych ocen od ekspertów. Jego dodatkową zaletą jest prostota obliczeń, polegających na przekształceniach danych zgromadzonych w macierzach oraz łatwość implementacji komputerowej. Zastosowanie w tym kroku algorytmu obliczeniowego nie wymaga już dodatkowych interakcji z ekspertami – ranking technologii powstanie jako bezpośredni wynik prowadzonych obliczeń, co ułatwi podjęcie decyzji o wyborze właściwej technologii.

ROZDZIAŁ 5

Przykład zastosowania algorytmu O-R-S

KRZYSZTOF KLINCEWICZ, ARKADIUSZ MANIKOWSKI

5.1. Opis technologii wykorzystanych do analizy

Dla lepszego zrozumienia, w jaki sposób można wykorzystać w praktyce algorytm O-R-S, zaproponowany w niniejszej książce, poniżej zaprezentowany zostanie przykład średniej wielkości firmy technologicznej, która przygotowuje się do podjęcia decyzji o rozwoju wybranej technologii spośród trzech dostępnych wariantów – technologii opracowanych przez pracowników niewielkiego działu badawczo-rozwojowego.

Ocena każdej z trzech technologii została przeprowadzona na podstawie listy kryteriów, które zaprezentowano w załączniku 3. Zgodnie ze wskazówkami z podrozdziału 4.2 sytuacja decyzyjna dotyczy wariantu (3), czyli wyboru technologii na etapie planowania ich komercjalizacji: wszystkie trzy porównywane rozwiązania zostały już opracowane, możliwe jest określenie ich charakterystyk, jak również analiza przewidywanych korzyści związanych z wprowadzeniem technologii na rynek. Warto przypomnieć też istotną cechę takiej sytuacji decyzyjnej: dotyczy ona nierównoważnych opcji, czyli każda z analizowanych technologii oferuje odmienne korzyści dla różnych grup odbiorców. Ich porównanie i wybór najbardziej preferowanego wariantu są konieczne ze względu na ograniczenia finansowe organizacji. Analiza dla wariantu (3) oznacza, że nie będą uwzględniane kryteria z grupy (I), dotyczące wdrożeń technologii produkcyjnych przez organizację-użytkownika.

Przedsiębiorstwo, które prowadzi analizy, działa od ponad 4 lat. Oferowało do tej pory tylko jedną linię produktową i dostarczało rozwiązania techniczne na niewielką skalę; zdobyło też pierwsze doświadczenia związane z wdrażaniem i serwisowaniem tych rozwiązań. Chociaż organizacja odniosła sukces rynkowy, ma ograniczone zasoby finansowe i nie jest w stanie samodzielnie finansować bardziej kosztownych projektów badawczo-rozwojowych ani komercjalizacyjnych. Nie prowadzi samodzielnych badań rynku ani nie przygotowuje prognoz

jego dalszego rozwoju. Nie formalizuje też prac B+R, a wiedza na temat powstających technologii, sposobów ich wykorzystywania i wdrażania nie jest skodyfikowana czy utrwalona w dokumentacji technicznej, pozostaje „w głowach” pracowników. Ubogie są też doświadczenia firmy w zakresie ochrony patentowej – mimo posiadania pojedynczych patentów, udzielonych przez Urząd Patentowy RP, firma nie może pozwolić sobie na pokrycie kosztów ochrony zagranicznej ani na zlecenie zewnętrznym podmiotom analiz czystości patentowej. Firma nie przygotowuje sformalizowanych planów rozwoju technologii ani strategii produktowych. Swoich pracowników działów B+R oraz sprzedaży postrzega jako kompetentnych i doświadczonych, jednak jest świadoma pewnych słabości kadrowych w porównaniu z polskimi i międzynarodowymi konkurentami. Pracownicy firmy nie mają też czasu ani zasobów finansowych na systematyczne monitorowanie rozwoju wiedzy naukowo-technicznej.

Wszystkie trzy analizowane technologie mogą być bezpośrednią podstawą do stworzenia rozwiązań, które będą sprzedawane końcowym odbiorcom na rynku instytucjonalnym, są też związane tematycznie z dotychczasowym obszarem działalności firmy.

Technologia nr 1 jest postrzegana jako bardzo innowacyjna, istotnie różniąc się od dostępnych dotychczas alternatyw i mogąca doprowadzić do istotnego spadku ich sprzedaży. Związane z nią korzyści dla klientów to przede wszystkim obniżka kosztów zakupu i użytkowania, a sprzedaż technologii może być uzupełnieniem dla dotychczasowej działalności przedsiębiorstwa, nie prowadząc do spadku sprzedaży rozwiązań już oferowanych przez firmę. Stosowanie technologii przez klienta końcowego nie wymusza zmiany dotychczasowych przyzwyczajęń i sposobów pracy, a sama technologia jest w pełni zgodna z obowiązującymi wymogami formalnymi, w tym przepisami prawa, nie wymaga też uzyskania dodatkowych pozwoleń ani licencji.

Wprowadzenie technologii na rynek pozwoli na dotarcie do nowych grup klientów i istotną poprawę pozycji konkurencyjnej firmy, jak również wzrost przyszłych zysków firmy o ponad 25% i zwiększenie jej udziału w rynku. Niestety, rynek, na którym oferowana byłaby ta technologia, jest zdominowany przez wielkie, międzynarodowe koncerny, a klienci – spośród licznych, dostępnych alternatyw – najchętniej wybierają dwa konkurencyjne rozwiązania. Część rynku, której dotyczy technologia, rozwija się w średnim tempie, z roczną stopą wzrostu na poziomie ok. 7% i nic nie wskazuje na to, by technologia stała się przestarzała w horyzoncie najbliższych kilkunastu lat.

Technologia została opracowana samodzielnie przez pracowników działu B+R firmy, wykorzystuje też standardowe komponenty od dostawców zewnętrznych, ale nie stanowią one kluczowej części rozwiązania końcowego. Jej dalszy rozwój, sprzedaż i wdrożenia wymagają inwestycji w nowe urządzenia produk-

cyjne i szkolenia pracowników. Technologia jest skomplikowana, co skutecznie utrudnia jej skopiowanie przez imitatorów, a zastrzeżenia patentowe zgłoszone przez wynalazców są szerokie, co może dodatkowo utrudnić imitację.

Technologia nr 2 wydaje się mniej innowacyjna i ma bezpośrednie alternatywy, ale jej wykorzystanie pozwala na znaczącą poprawę wygody użytkownika dzięki ergonomii i zastosowanym rozwiązaniom w zakresie wzornictwa przemysłowego. To pozwala klientom na oszczędność czasu i innych zasobów, przy jednoczesnym dostosowaniu do dotychczasowych nawyków, bez potrzeby ponoszenia inwestycji w szkolenia lub rozwój dodatkowej infrastruktury. Przekonujący jest też argument o możliwości sprzedaży technologii dotychczasowym klientom firmy, gdyż nowe rozwiązanie może uzupełniać już stosowane urządzenia, choć w przypadku niektórych zastosowań może też ograniczyć potrzebę nabywania rozwiązania technicznego, który dotychczas oferowała firma, gdyż w tych przypadkach wystarczający może okazać się wyłącznie zakup nowego produktu.

Na rynku istnieje wiele alternatyw, a klienci nie preferują wyraźnie żadnej z nich. Wejście na rynek z atrakcyjnym wizualnie i użytkowo rozwiązaniem pozwoli na znaczny wzrost zysków firmy i poprawę udziału w rynku. Jest to możliwe między innymi dzięki temu, że prawie 100% technologii zostało stworzonych przez firmę, a dokładniej – przez pojedynczego jej pracownika. Wytwarzanie technologii nie wymaga inwestycji w nowe urządzenia produkcyjne, a jedynie drobne ich dostosowania. Również posiadana przez pracowników firmy wiedza pozwala na podjęcie się prac produkcyjnych, pod warunkiem przygotowania odpowiedniej dokumentacji technicznej i przeprowadzenia szkoleń wewnętrznych. Nie są też potrzebne dodatkowe pozwolenia lub licencje, gdyż technologia zaspokaja wszystkie znane wymogi techniczne w branży.

Segment rynku, na którym może być oferowana technologia, rośnie w Polsce w rocznym tempie ok. 6% (przyrost wartości sprzedawanych rozwiązań technicznych) i można spodziewać się, że będzie równie atrakcyjny jeszcze przez okres od 5 do 10 lat. Zastrzeżenia patentowe, zawarte w krajowym zgłoszeniu patentowym, są postrzegane jako dość wąskie ze względu na koncentrację na ergonomii, nowych sposobach wykorzystywania od dawna znanych rozwiązań. Konkurentom nie będzie trudno naśladować pomysły firmy, jednak imitacje będą również bardzo łatwe do wykrycia.

Technologia nr 3 ma odpowiedniki oferowane przez innych dostawców w Polsce, ale zawiera innowacyjne elementy i stanowi udoskonalenie dotychczas stosowanych rozwiązań. Jest objęta zgłoszeniem patentowym, w którym zastrzeżenia można określić jako szerokie, skutecznie utrudniające imitację.

Istota nowego rozwiązania nie jest oczywista dla zewnętrznych obserwatorów, co dodatkowo ogranicza możliwości naśladowania. Co ważniejsze, dotychczas znane i stosowane rozwiązania konkurencyjne są mało atrakcyjne dla użytkowników, a ich dostawcy nie angażują się aktywnie w penetrowanie rynku, więc oferowane udoskonalenie ma szansę zdobyć popularność u klientów i przynieść korzyści w ważnych dla nich obszarach, w tym istotną obniżkę kosztów eksploatacji oraz eliminację ograniczeń technicznych, którymi obarczone były dotychczas stosowane technologie. Pierwsi użytkownicy technologii odebrali ją pozytywnie, wdrożenia u tych klientów trwają, a kolejni nabywcy wykazują wyraźne zainteresowanie jej zakupem. Wydaje się też, że klienci będą skłonni zapłacić za nową technologię cenę wyższą niż za znane wcześniej alternatywy, do czego skłaniają ich dodatkowe korzyści techniczne oraz nowe możliwości, o których wcześniej nie myśleli. Atrakcyjność komercyjną podnosi konieczność dokonywania przez użytkowników wielokrotnych, powtarzalnych zakupów – pojedyncze wdrożenie technologii podlega bowiem procesom fizycznego zużywania się, wymaga też regularnych zakupów części zamiennych i usług serwisowych.

Rozwój i wprowadzenie na rynek technologii nie wymagają od organizacji tak dużych nakładów finansowych jak w dwóch wcześniej prezentowanych przypadkach, a przedsiębiorstwo jest w stanie sfinansować niezbędne działania ze środków własnych. Sprzedaż technologii ma szansę przynieść dostawcy wzrost zysków na poziomie ok. 20%, nie wymaga też uiszczania opłat licencyjnych na rzecz innych podmiotów. Wytwarzanie i wdrażanie może opierać się na dotychczasowej bazie produkcyjnej i ludzkiej, przy niewielkich modyfikacjach i uzupełnieniu wiedzy. Przedsiębiorstwo przeprowadziło rozległe testy technologii w środowisku, w którym będzie ona wykorzystywana – u pierwszych klientów, na etapie wdrożeń pilotażowych. Niezależna firma analityczna dokonała również potwierdzenia zgodności technologii z przyjętymi w branży standardami technicznymi, co może stanowić ważny argument sprzedażowy. Stosowanie technologii pozwoli wreszcie na oszczędność zasobów naturalnych i energii, jak również niewielką redukcję emisji obciążających środowisko naturalne w porównaniu z dotychczas znanymi alternatywami, jednak nie udało się zainteresować tymi korzyściami organizacji ekologicznych.

W tabelach 14–16 zaprezentowane zostały wyniki szczegółowej oceny trzech wcześniej opisanych technologii – odpowiedzi na pytania stanowiące podstawę dla zastosowania algorytmu O-R-S.

Przedsiębiorstwo zastanawiające się nad wyborem odpowiedniej technologii do wprowadzenia na rynek porównało trzy przedstawione powyżej alternatywy na podstawie listy kryteriów. W ten sposób uzyskano szczegółową charakterystykę każdej z analizowanych technologii; możliwe jest też przedstawienie zagregowanych wyników oceny dla poszczególnych grup kryteriów

Tabela 14. Wyniki oceny technologii nr 1

| | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|--|
| A1 | A2 | A3 | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | B6 | B7 | | |
| 5 | 5 | 4 | 2 | 2 | 4 | 4 | 3 | 5 | 1 | | |
| B8 | B9 | B10 | B11 | B12 | B13 | C1 | C2 | C3 | C4 | | |
| 1 | 2 | 5 | 3 | 3 | 2 | 5 | 4 | 2 | 5 | | |
| C5 | C6 | C7 | C8 | D1 | D2 | D3 | D4 | D5 | D6 | | |
| 3 | 3 | 5 | 4 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | | |
| D7 | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 | E6 | E7 | E8 | E9 | | |
| 1 | 4 | 5 | 5 | 4 | 3 | 4 | 2 | 3 | 3 | | |
| E10 | E11 | E12 | E13 | E14 | E15 | E16 | E17 | E18 | E19 | | |
| 1 | 3 | 3 | 1 | 5 | 4 | 4 | 5 | 3 | 2 | | |
| E20 | E21 | E22 | F1 | F2 | F3 | F4 | F5 | F6 | F7 | | |
| 1 | 1 | 3 | 1 | 4 | 1 | 3 | 4 | 3 | 3 | | |
| F8 | F9 | F10 | F11 | F12 | F13 | F14 | F15 | F16 | F17 | | |
| 5 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4 | 3 | 5 | | |
| F18 | F19 | F20 | F21 | F22 | F23 | F24 | F25 | F26 | F27 | | |
| 3 | 5 | 1 | 5 | 3 | 2 | 4 | 3 | 4 | 3 | | |
| F28 | F29 | F30 | G1 | G2 | G3 | G4 | G5 | G6 | H1 | | |
| 5 | 3 | 3 | 2 | 4 | 2 | 3 | 5 | 3 | 3 | | |
| H2 | H3 | H4 | H5 | H6 | H7 | H8 | H9 | H10 | H11 | | |
| 5 | 1 | 3 | 4 | 5 | 5 | 5 | 1 | 5 | 4 | | |
| H12 | H13 | H14 | H15 | H16 | H17 | H18 | | | | | |
| 5 | 4 | 4 | 5 | 3 | 5 | 1 | | | | | |
| | | J1 | J2 | J3 | J4 | J5 | J6 | J7 | J8 | | |
| | | 5 | 5 | 4 | 2 | 3 | 4 | 3 | 2 | | |
| J9 | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 | K7 | K8 | K9 | | |
| 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 2 | 3 | 2 | | |
| K10 | K11 | K12 | K13 | K14 | K15 | K16 | K17 | K18 | K19 | | |
| 2 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | | |
| K20 | K21 | K22 | K23 | K24 | L1 | L2 | L3 | L4 | L5 | | |
| 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 2 | 3 | 5 | 5 | 5 | | |
| L6 | L7 | L8 | L9 | L10 | L11 | L12 | L13 | L14 | L15 | | |
| 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | | |
| L16 | L17 | L18 | L19 | L20 | L21 | L22 | L23 | L24 | L25 | | |
| 5 | 5 | 5 | 3 | 3 | 1 | 3 | 3 | 1 | 2 | | |
| L26 | L27 | L28 | L29 | L30 | L31 | L32 | L33 | L34 | L35 | | |
| 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | | |
| L36 | L37 | L38 | L39 | | | | | | | | |
| 2 | 2 | 2 | 1 | | | | | | | | |

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 15. Wyniki oceny technologii nr 2

| | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|--|
| A1 | A2 | A3 | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | B6 | B7 | | |
| 4 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 2 | 5 | 4 | 2 | | |
| B8 | B9 | B10 | B11 | B12 | B13 | C1 | C2 | C3 | C4 | | |
| 2 | 4 | 3 | 3 | 3 | 1 | 4 | 4 | 2 | 5 | | |
| C5 | C6 | C7 | C8 | D1 | D2 | D3 | D4 | D5 | D6 | | |
| 3 | 2 | 5 | 4 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | | |
| D7 | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 | E6 | E7 | E8 | E9 | | |
| 1 | 3 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 2 | 4 | 4 | | |
| E10 | E11 | E12 | E13 | E14 | E15 | E16 | E17 | E18 | E19 | | |
| 1 | 3 | 3 | 1 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 2 | | |
| E20 | E21 | E22 | F1 | F2 | F3 | F4 | F5 | F6 | F7 | | |
| 1 | 1 | 2 | 1 | 4 | 1 | 3 | 5 | 4 | 5 | | |
| F8 | F9 | F10 | F11 | F12 | F13 | F14 | F15 | F16 | F17 | | |
| 4 | 3 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | | |
| F18 | F19 | F20 | F21 | F22 | F23 | F24 | F25 | F26 | F27 | | |
| 4 | 5 | 1 | 4 | 1 | 1 | 5 | 2 | 3 | 1 | | |
| F28 | F29 | F30 | G1 | G2 | G3 | G4 | G5 | G6 | H1 | | |
| 1 | 3 | 3 | 2 | 4 | 2 | 4 | 5 | 4 | 4 | | |
| H2 | H3 | H4 | H5 | H6 | H7 | H8 | H9 | H10 | H11 | | |
| 4 | 1 | 4 | 3 | 5 | 3 | 4 | 1 | 5 | 5 | | |
| H12 | H13 | H14 | H15 | H16 | H17 | H18 | | | | | |
| 4 | 4 | 4 | 5 | 4 | 5 | 3 | | | | | |
| | | J1 | J2 | J3 | J4 | J5 | J6 | J7 | J8 | | |
| | | 4 | 5 | 2 | 2 | 3 | 3 | 5 | 2 | | |
| J9 | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 | K7 | K8 | K9 | | |
| 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | | |
| K10 | K11 | K12 | K13 | K14 | K15 | K16 | K17 | K18 | K19 | | |
| 2 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | | |
| K20 | K21 | K22 | K23 | K24 | L1 | L2 | L3 | L4 | L5 | | |
| 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 2 | 4 | 5 | 5 | 5 | | |
| L6 | L7 | L8 | L9 | L10 | L11 | L12 | L13 | L14 | L15 | | |
| 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | | |
| L16 | L17 | L18 | L19 | L20 | L21 | L22 | L23 | L24 | L25 | | |
| 5 | 5 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| L26 | L27 | L28 | L29 | L30 | L31 | L32 | L33 | L34 | L35 | | |
| 1 | 1 | 1 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | | |
| L36 | L37 | L38 | L39 | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | |

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 16. Wyniki oceny technologii nr 3

| | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|--|
| A1 | A2 | A3 | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | B6 | B7 | | |
| 4 | 2 | 3 | 4 | 2 | 5 | 4 | 4 | 5 | 2 | | |
| B8 | B9 | B10 | B11 | B12 | B13 | C1 | C2 | C3 | C4 | | |
| 2 | 4 | 2 | 4 | 3 | 1 | 4 | 4 | 3 | 5 | | |
| C5 | C6 | C7 | C8 | D1 | D2 | D3 | D4 | D5 | D6 | | |
| 3 | 3 | 5 | 4 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | | |
| D7 | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 | E6 | E7 | E8 | E9 | | |
| 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 5 | | |
| E10 | E11 | E12 | E13 | E14 | E15 | E16 | E17 | E18 | E19 | | |
| 1 | 3 | 3 | 1 | 4 | 4 | 4 | 5 | 3 | 2 | | |
| E20 | E21 | E22 | F1 | F2 | F3 | F4 | F5 | F6 | F7 | | |
| 1 | 1 | 3 | 1 | 4 | 1 | 3 | 4 | 4 | 4 | | |
| F8 | F9 | F10 | F11 | F12 | F13 | F14 | F15 | F16 | F17 | | |
| 5 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | | |
| F18 | F19 | F20 | F21 | F22 | F23 | F24 | F25 | F26 | F27 | | |
| 5 | 5 | 2 | 5 | 1 | 2 | 5 | 4 | 4 | 1 | | |
| F28 | F29 | F30 | G1 | G2 | G3 | G4 | G5 | G6 | H1 | | |
| 4 | 3 | 4 | 3 | 5 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | | |
| H2 | H3 | H4 | H5 | H6 | H7 | H8 | H9 | H10 | H11 | | |
| 5 | 1 | 4 | 4 | 5 | 4 | 5 | 2 | 4 | 5 | | |
| H12 | H13 | H14 | H15 | H16 | H17 | H18 | | | | | |
| 5 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4 | | | | | |
| | | J1 | J2 | J3 | J4 | J5 | J6 | J7 | J8 | | |
| | | 5 | 5 | 4 | 2 | 4 | 4 | 4 | 2 | | |
| J9 | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 | K7 | K8 | K9 | | |
| 2 | 3 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 3 | 1 | | |
| K10 | K11 | K12 | K13 | K14 | K15 | K16 | K17 | K18 | K19 | | |
| 3 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | | |
| K20 | K21 | K22 | K23 | K24 | L1 | L2 | L3 | L4 | L5 | | |
| 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 2 | 2 | 5 | 5 | 5 | | |
| L6 | L7 | L8 | L9 | L10 | L11 | L12 | L13 | L14 | L15 | | |
| 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | | |
| L16 | L17 | L18 | L19 | L20 | L21 | L22 | L23 | L24 | L25 | | |
| 5 | 5 | 5 | 1 | 3 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | | |
| L26 | L27 | L28 | L29 | L30 | L31 | L32 | L33 | L34 | L35 | | |
| 2 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | | |
| L36 | L37 | L38 | L39 | | | | | | | | |
| 2 | 1 | 1 | 2 | | | | | | | | |

Źródło: opracowanie własne.

(por. tabela 17). Dla dokonania wyboru odpowiedniego kierunku dalszego rozwoju firmy nie wystarczy jednak tabelaryczne zestawienie wartości liczbowych – niezbędne okazuje się zastosowanie matematycznej techniki rankingowania.

Tabela 17. Zestawienie wyników oceny trzech technologii dla poszczególnych grup kryteriów (suma uzyskanych punktów i procent maksymalnej, możliwej do uzyskania sumy punktów dla danej grupy kryteriów)

| Kryteria | | Technologia 1 | | Technologia 2 | | Technologia 3 | |
|---|----------|---------------|-------|---------------|-------|---------------|-------|
| | | suma | % max | suma | % max | suma | % max |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Kryteria dotyczące innowacyjności | A | 14 | 93% | 11 | 73% | 9 | 60% |
| Kryteria dotyczące konkurencyjności | B | 37 | 57% | 39 | 60% | 42 | 65% |
| Kryteria strategiczne | C | 31 | 77% | 29 | 72% | 31 | 78% |
| Kryteria dotyczące doświadczeń organizacji-dostawcy | D | 13 | 37% | 13 | 37% | 17 | 49% |
| Kryteria dotyczące znaczenia technologii dla organizacji-dostawcy | E | 69 | 63% | 67 | 61% | 75 | 68% |
| Kryteria marketingowe | F | 106 | 71% | 102 | 68% | 113 | 75% |
| Kryteria dotyczące zastosowań technologii | G | 19 | 63% | 21 | 70% | 25 | 83% |
| Kryteria techniczne | H | 68 | 76% | 68 | 76% | 75 | 83% |
| Kryteria dotyczące technologii produkcyjnych | I | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Kryteria dotyczące ochrony patentowej | J | 30 | 67% | 28 | 62% | 32 | 71% |
| Kryteria społeczne i etyczne | K | 87 | 72% | 89 | 74% | 84 | 70% |
| Kryteria ekologiczne | L | 120 | 62% | 112 | 57% | 115 | 59% |

Źródło: opracowanie własne.

5.2. Zastosowanie metod rankingowania

Proces rankingowania i selekcji opisanych wyżej technologii proponuje się przeprowadzić zgodnie z omówionymi w poprzednim rozdziale metodami, którymi są:

- prosta metoda *scoringowa*,
- metoda wieloattributowej użyteczności MAUT,
- metoda hierarchii analitycznej AHP.

W przypadku każdej z nich zakłada się znajomość wag kryteriów A–L, które proponuje się tutaj wyznaczyć z wykorzystaniem macierzy **A** porównań parami.

Ważność kryteriów

Do otrzymania macierzy **A** wykorzystano eksperta, który dokonał porównania parami kryteriów A–L. Posługując się skalą Likerta, ekspert ocenił kierunek i siłę preferencji każdej pary porównywanych kryteriów. Uzyskane wyniki podano w tabeli 18, w której z oczywistych względów pominięto kryterium I (brak ocen technologii z punktu widzenia tego kryterium).

Tabela 18. Macierz **A** porównań parami – wynik oceny eksperckiej

| $X_1 \backslash X_2$ | A | B | C | D | E | F | G | H | J | K | L |
|----------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|-----|-----|
| A | 1 | 1/5 | 1/5 | 1/7 | 1/7 | 1/9 | 1/3 | 1/3 | 1 | 1 | 1 |
| B | 5 | 1 | 1 | 3 | 1/9 | 1 | 1 | 1 | 3 | 5 | 5 |
| C | 5 | 1 | 1 | 5 | 1 | 1 | 1 | 3 | 5 | 5 | 5 |
| D | 7 | 1/3 | 1/5 | 1 | 1/5 | 1/7 | 1/3 | 1/3 | 1 | 3 | 3 |
| E | 7 | 9 | 1 | 5 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| F | 9 | 1 | 1 | 7 | 1 | 1 | 3 | 3 | 1 | 5 | 5 |
| G | 3 | 1 | 1 | 3 | 1/3 | 1/3 | 1 | 1/3 | 3 | 1 | 1 |
| H | 3 | 1 | 1/3 | 3 | 1/3 | 1/3 | 3 | 1 | 5 | 1/3 | 1/3 |
| J | 1 | 1/3 | 1/5 | 1 | 1/3 | 1 | 1/3 | 1/5 | 1 | 1/5 | 1/5 |
| K | 1 | 1/5 | 1/5 | 1/3 | 1/3 | 1/5 | 1 | 3 | 5 | 1 | 1 |
| L | 1 | 1/5 | 1/5 | 1/3 | 1/3 | 1/5 | 1 | 3 | 5 | 1 | 1 |

Legenda:

1 – brak preferencji;

3 – słaba preferencja X_1 wobec X_2 ;

5 – umiarkowana preferencja X_1 wobec X_2 ;

7 – silna preferencja X_1 wobec X_2 ;

9 – bardzo silna preferencja X_1 wobec X_2 ;

1/9 ($\approx 0,1$) – bardzo silna preferencja X_2 wobec X_1 ;

1/7 ($\approx 0,14$) – silna preferencja X_2 wobec X_1 ;

1/5 ($\approx 0,2$) – umiarkowana preferencja X_2 wobec X_1 ;

1/3 ($\approx 0,33$) – słaba preferencja X_2 wobec X_1 .

Źródło: opracowanie własne.

Przed przystąpieniem do wyznaczania wag sprawdzeniu poddano spójność macierzy **A**. Jako kryterium posłużono się tzw. wskaźnikiem spójności CR (ang. *Consistency Ratio*) zdefiniowanym w rozdziale 3. Wartość mniejsza od 0,1 będzie świadczyła o spójności macierzy porównań parami.

W tym celu wyznaczono największą wartość własną macierzy **A**, która wyniosła 13,7479. Stąd otrzymano wskaźnik *CI*:

$$CI = (\lambda_{\max} - n)/(n - 1) = (13,7479 - 11)/(11 - 1) = 0,27479$$

Przyjmując w obliczeniach losowy wskaźnik zgodności na poziomie 1,51 według Whartona (por. tabela 5 w rozdziale 3), uzyskano wskaźnik spójności CR:

$$CR = \frac{CI}{RCI} = \frac{0,27479}{1,51} = 0,18198$$

Skoro wskaźnik CR jest większy od 0,1, to macierz A należy uznać za nie-spójną. W związku z tym konieczne jest przeprowadzenie ponownej analizy problemu, polegającej na zweryfikowaniu ocen parami. Stąd też niezbędne jest ponowne wysłanie zapytania do eksperta w celu zmian ocen otrzymanych w pierwszym etapie badań. W tym celu pomocna może okazać się definicja spójności macierzy A , przytoczona w rozdziale 3. Mianowicie, macierz ocen parami A jest spójna wtedy i tylko wtedy, gdy dla każdej trójki elementów tej macierzy jest spełniona następująca zależność:

$$a_{ij} \cdot a_{jk} = a_{ik}$$

Powyzszą zależność można wykorzystać do zweryfikowania postaci macierzy ocen, obliczając wartości jej elementów w taki sposób, aby nowa macierz była idealnie spójna. Porównując uzyskane nowe wartości elementów z wartościami otrzymanymi od ekspertów, można wskazać elementy istotnie różne z punktu widzenia kierunku i siły preferencji.

Podsumowując: w celu wspomoczenia procesu weryfikacji ocen porównań parami proponuje się następujący sposób postępowania¹:

1. Założmy prawdziwość eksperckich ocen znajdujących się w pierwszym wierszu macierzy A . Elementy te będą podstawą wyznaczenia wartości pozostałych elementów w taki sposób, aby nowa macierz charakteryzowała się idealną spójnością.
2. Na podstawie elementów pierwszego wiersza macierzy A należy obliczyć elementy pozostałe według następującej zależności:

$$a_{jk} = \frac{a_{ik}}{a_{ij}}$$

gdzie w naszym przypadku indeks i odnosi się do wiersza pierwszego, czyli zawierającego ocenę porównań parami kryterium A z pozostałymi kryteriami.

Na przykład, chcąc obliczyć element macierzy A , przedstawiający ocenę porównań parami kryterium B z kryterium D (wiersz drugi macierzy), musimy postąpić w następujący sposób:

¹ Przedstawiony tutaj algorytm może być wykorzystany w metodzie delfickiej przy ponownym przygotowywaniu ankiet i przy analizie odpowiedzi (por. rysunek 4 w rozdziale 3).

$$a_{BD} = \frac{a_{AD}}{a_{AB}} = \frac{(1/7)}{(1/5)} = 0,71.$$

- Wykorzystując analizę porównawczą elementów macierzy **A** z macierzą „nową”, idealnie spójną, należy wskazać istotne różnice między ocenami. I tak na przykład element a_{BD} macierzy eksperckiej równa się 3, co oznacza, że kryterium B jest słabo preferowane w stosunku do kryterium D. Teoretyczna wartość tego elementu, otrzymana w pkt. 2, wyniosła 0,71, co oznacza odwrócenie kierunku preferencji. Element a_{BD} należy więc zaznaczyć jako ten, który jest wyraźnie niezgodny z opiniami ekspertów wynikającymi z pierwszego wiersza macierzy **A**.
- Ponowne wysłanie zapytań do eksperta w celu zweryfikowania swoich opinii ze wskazaniem, na jakie elementy muszą zwrócić uwagę.

W tabeli 19 podano postać nowej macierzy **A**. Pierwszy jej wiersz zawiera elementy stanowiące ocenę ekspertów w pierwszym etapie badania. Elementy w pozostałych wierszach zostały obliczone według zależności podanej w punkcie 2. Dzięki temu uzyskano macierz idealnie spójną, która może stanowić podstawę ponownych zapytań do ekspertów z prośbą o zweryfikowanie ocen dotychczasowych.

Tabela 19. Macierz **A** porównań parami – macierz idealnie spójna, wynik obliczeń

| $X_1 \setminus X_2$ | A | B | C | D | E | F | G | H | J | K | L |
|---------------------|---|-----|-----|-------------|------|------|------|------|---|---|---|
| A | 1 | 1/5 | 1/5 | 1/7 | 1/7 | 1/9 | 1/3 | 1/3 | 1 | 1 | 1 |
| B | 5 | 1 | 1 | 0,71 | 0,71 | 0,56 | 1,67 | 1,67 | 5 | 5 | 5 |
| C | 5 | 1 | 1 | 0,71 | 0,71 | 0,56 | 1,67 | 1,67 | 5 | 5 | 5 |
| D | 7 | 1,4 | 1,4 | 1 | 1 | 0,78 | 2,33 | 2,33 | 7 | 7 | 7 |
| E | 7 | 1,4 | 1,4 | 1 | 1 | 0,78 | 2,33 | 2,33 | 7 | 7 | 7 |
| F | 9 | 1,8 | 1,8 | 1,29 | 1,29 | 1 | 3,00 | 3 | 9 | 9 | 9 |
| G | 3 | 0,6 | 0,6 | 0,43 | 0,43 | 0,33 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 |
| H | 3 | 0,6 | 0,6 | 0,43 | 0,43 | 0,33 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 |
| J | 1 | 0,2 | 0,2 | 0,14 | 0,14 | 0,11 | 0,33 | 0,33 | 1 | 1 | 1 |
| K | 1 | 0,2 | 0,2 | 0,14 | 0,14 | 0,11 | 0,33 | 0,33 | 1 | 1 | 1 |
| L | 1 | 0,2 | 0,2 | 0,14 | 0,14 | 0,11 | 0,33 | 0,33 | 1 | 1 | 1 |

Źródło: opracowanie własne.

Macierz idealnie spójna charakteryzuje się zerową wartością wskaźnika spójności CR oraz największą wartością własną λ_{\max} na poziomie 11. W dalszych rozważaniach przyjęto wykorzystywać właśnie tę macierz jako podstawę wyzna-

czenia wag dla poszczególnych kryteriów. Otrzymany wektor własny związany z największą wartością własną definiuje wagi poszczególnych kryteriów, które zostały zaprezentowane w tabeli 20.

Tabela 20. Wagi kryteriów jako elementy wektora własnego macierzy **A** idealnie spójnej

| | |
|---|-----------|
| A | 0,0633479 |
| B | 0,315593 |
| C | 0,315593 |
| D | 0,44183 |
| E | 0,44183 |
| F | 0,568067 |
| G | 0,189356 |
| H | 0,189356 |
| J | 0,0631185 |
| K | 0,0631185 |
| L | 0,0631185 |

Źródło: opracowanie własne.

Prosta metoda *scoringowa*

Prosta metoda *scoringowa* opiera się na zależności (1) podanej w rozdziale 3, czyli:

$$V_i = \sum_{j \in \{A, \dots, L\}} v_{ij} w_j,$$

gdzie V_i oznacza syntetyczną ocenę i -tej technologii, v_{ij} – wartość j -tego kryterium dla i -tej technologii, w_j – ważność j -tego kryterium.

Ważność każdego kryterium w_j wyznaczono za pomocą metody porównań parami w pkt. 5.2.1. Natomiast wielkość n_{ij} będzie oznaczała udział sumy punktów przypisanych do j -tego kryterium w stosunku do maksymalnej liczby punktów, jaką można przypisać temu kryterium.

I tak na przykład dla pierwszej technologii wartość kryterium A, dla którego suma punktów wynosi 14 na maksymalną liczbę 15, będzie wyznaczona w następujący sposób:

$$v_{1A} = \frac{14}{15} = 0,93 = 93\%$$

Zbiorczy zestaw wartości kryteriów obliczonych dla każdej technologii podano w tabeli 21.

Tabela 21. Oceny kryteriów A–L dla poszczególnych technologii w oparciu o prostą metodę *scoringową*

| j | v_{1j} | v_{2j} | v_{3j} |
|-----|----------|----------|----------|
| A | 93% | 73% | 60% |
| B | 57% | 60% | 65% |
| C | 78% | 73% | 78% |
| D | 37% | 37% | 49% |
| E | 63% | 61% | 68% |
| F | 71% | 68% | 75% |
| G | 63% | 70% | 83% |
| H | 76% | 76% | 83% |
| J | 67% | 62% | 71% |
| K | 73% | 74% | 70% |
| L | 62% | 57% | 59% |

Źródło: opracowanie własne.

Wykorzystując oceny kryteriów v_{ij} oraz ich otrzymane ważności (tabela 20), obliczono syntetyczne oceny technologii V_i według zależności (1), a ich wartości podano w tabeli 22.

Tabela 22. Syntetyczne oceny technologii V_i , dokonanej metodą *scoringową*

| Technologia 1 | Technologia 2 | Technologia 3 |
|---------------|---------------|---------------|
| 1,72 | 1,68 | 1,87 |

Źródło: opracowanie własne.

Metoda MAUT

Metoda MAUT bazuje na użyteczności U_i i -tej technologii, którą wyznacza się wg zależności (6) podanej w rozdziale 3, czyli:

$$U_i = \sum_{j \in \{A, \dots, L\}} K_j \cdot U_{ij},$$

gdzie K_j oznacza relatywną ważność j -tego kryterium (wyznaczona podobnie jak w przypadku poprzedniej metody przez porównanie parami); U_{ij} natomiast oznacza użyteczność i -tego wariantu w stosunku do j -tego kryterium.

Użyteczność U_{ij} określa relację odległości j -tego kryterium w i -tym wariantcie od najgorszej wartości tego kryterium w zbiorze wariantów w stosunku do rozpiętości między najlepszą i najgorszą wartością tego kryterium.

W przypadku j -tego kryterium obliczenia użyteczność U_{ij} przebiegają według zależności (8), czyli²:

$$U_{ij} = \frac{x_{ij} - x_{j\min}}{x_{j\max} - x_{j\min}}$$

gdzie x_{ij} oznacza wartość j -tego kryterium w ocenie i -tej technologii; $x_{j\max}$ oznacza największą wartość j -tego kryterium w grupie analizowanych technologii, zaś $x_{j\min}$ oznacza wartość najmniejszą.

I tak na przykład do kryterium A przypisano największą liczbę punktów technologii pierwszej ($x_{j\max} = 14$), zaś najmniejszą liczbę technologii trzeciej ($x_{A\min} = 9$). Oznacza to, że dla pierwszej technologii użyteczność kryterium A będzie wyznaczona w następujący sposób:

$$U_{1A} = \frac{x_{1A} - x_{A\min}}{x_{A\max} - x_{A\min}} = \frac{14 - 9}{14 - 9} = 1.$$

Wartości użyteczności U_{ij} otrzymane dla każdego kryterium w ramach każdej technologii wraz wartościami $x_{j\max}$ i $x_{j\min}$ podano w tabeli 23.

Tabela 23. Użyteczności kryteriów A–L dla poszczególnych technologii ocenianych metodą MAUT

| | U_{1j} | U_{2j} | U_{3j} | $x_{j\min}$ | $x_{j\max}$ |
|---|----------|----------|----------|-------------|-------------|
| A | 100% | 40% | 0% | 9 | 14 |
| B | 0% | 40% | 100% | 37 | 42 |
| C | 100% | 0% | 100% | 29 | 31 |
| D | 0% | 0% | 100% | 13 | 17 |
| E | 25% | 0% | 100% | 67 | 75 |
| F | 36% | 0% | 100% | 102 | 113 |
| G | 0% | 33% | 100% | 19 | 25 |
| H | 0% | 0% | 100% | 68 | 75 |
| J | 50% | 0% | 100% | 28 | 32 |
| K | 60% | 100% | 0% | 84 | 89 |
| L | 100% | 0% | 38% | 112 | 120 |

Źródło: opracowanie własne.

² Ponieważ wszystkie subkryteria są stymulantami, stąd wykorzystano właśnie taką wersję zależności do obliczeń użyteczności U_{ij} .

Na podstawie użyteczności U_{ij} oraz wagi kryteriów z tabeli 20 obliczono użyteczność U_i i -tej technologii, wykorzystując zależność (6). Otrzymane wyniki podano w tabeli 24.

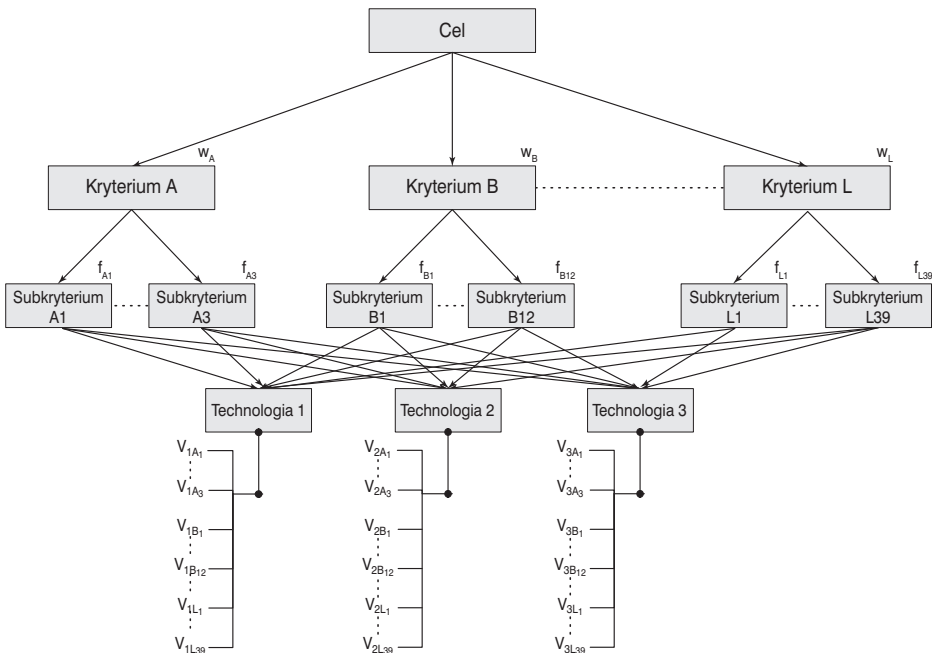
Tabela 24. Użyteczności U_i technologii ocenianych metodą MAUT

| Technologia 1 | Technologia 2 | Technologia 3 |
|---------------|---------------|---------------|
| 0,83 | 0,28 | 2,55 |

Źródło: opracowanie własne.

Metoda AHP

W metodzie AHP proponuje się przyjąć do analiz czteropoziomową hierarchę problemu, składającą się z celu (poziom 1), kryteriów A–L (poziom 2), subkryteriów (poziom 3) i technologii 1–3 (poziom 4) – zob. rysunek 13.



Rysunek 13. Metoda AHP w wariantcie czterohierarchicznym. Źródło: opracowanie własne.

Ocenę końcową TV_i i -tej technologii wyznacza się, wykorzystując zależność (11), podaną w rozdziale 3, czyli:

$$\begin{aligned}
 TV_i &= w_A \cdot f_{A1} \cdot V_{iA1} + \dots + w_A \cdot f_{A3} \cdot V_{iA3} + \\
 &+ \dots + \\
 &+ w_L \cdot f_{L1} \cdot V_{iL1} + \dots + w_L \cdot f_{L39} \cdot V_{iL39}
 \end{aligned}$$

Wielkość w_j oznacza ważność j -tego kryterium, wyznaczoną metodą porównań parami (wartości podane w tabeli 20). Wielkość f_{jl} oznacza ważność l -tego subkryterium zdefiniowanego dla j -tego kryterium i wyznaczana jest również metodą porównań parami. W rozważaniach założono, że ważności subkryteriów w ramach każdego kryterium są takie same. Oznacza to tym samym, że np. wszystkie trzy subkryteria w ramach kryterium A charakteryzują się wagą f_{A1} równą $1/3$.

Ocenę V_{ijl} i -tej technologii z punktu widzenia l -tego subkryterium należącego do j -tego kryterium przyjęto wyznaczać jako liczbę punktów przypisanych tej technologii w ramach tego subkryterium (podano je w tabeli 17, kolumny 3, 5 i 7 odpowiednio dla technologii 1, 2 i 3).

Obliczenia przyjęto rozpocząć od wyznaczenia ocen cząstkowych przypisanych do każdego kryterium i każdej technologii (np. dla i -tej technologii i kryterium A jest to wyrażenie $f_{A1} \cdot V_{iA1} + \dots + f_{A3} \cdot V_{iA3}$) – zob. tabela 25.

Następnie, wykorzystując zależność (11), obliczono ocenę końcową TV_i dla każdej i -tej technologii. Wykorzystano w tym celu wyznaczone oceny cząstkowe (tabela 25) oraz ważności kryteriów (tabela 20). Otrzymane wartości zestawiono w tabeli 26.

Tabela 25. Oceny cząstkowe każdego kryterium i technologii $\sum f \cdot V$ dla metody AHP

| | Technologia 1 | Technologia 2 | Technologia 3 |
|---|---------------|---------------|---------------|
| A | 4,67 | 3,67 | 3,00 |
| B | 2,85 | 3,00 | 3,23 |
| C | 3,88 | 3,63 | 3,88 |
| D | 1,86 | 1,86 | 2,43 |
| E | 3,14 | 3,05 | 3,41 |
| F | 3,53 | 3,40 | 3,77 |
| G | 3,17 | 3,50 | 4,17 |
| H | 3,78 | 3,78 | 4,17 |
| I | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| J | 3,33 | 3,11 | 3,56 |
| K | 3,63 | 3,71 | 3,50 |
| L | 3,08 | 2,87 | 2,95 |

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 26. Oceny końcowe TV_i w metodzie AHP

| Technologia 1 | Technologia 2 | Technologia 3 |
|---------------|---------------|---------------|
| 8,58 | 8,41 | 9,36 |

Źródło: opracowanie własne.

5.3. Podsumowanie wyników analiz

Rezultatem przeprowadzenia procesu rankingowania rozważanych trzech technologii są trzy zestawy wyników podane w tabeli 27.

Tabela 27. Zestawienie wyników rankingowania trzech technologii

| | Metoda | | |
|---------------|-------------------|-------------|------------|
| | <i>scoringowa</i> | <i>MAUT</i> | <i>AHP</i> |
| Technologia 1 | 1,72 | 0,83 | 8,58 |
| Technologia 2 | 1,68 | 0,28 | 8,41 |
| Technologia 3 | 1,87 | 2,55 | 9,36 |

Źródło: opracowanie własne.

Każdy z nich definiuje taki sam, następujący ranking:

- Miejsce 1. Technologia 3
- Miejsce 2. Technologia 1
- Miejsce 3. Technologia 2.

Zaprezentowane obliczenia wskazują więc na celowość dokonania wyboru technologii nr 3, na podstawie dokonanej oceny eksperckiej kryteriów i ich ważności oraz obliczeń wykorzystujących trzy alternatywne metody.

Warto zaznaczyć, że zawsze wtedy, gdy w metodzie AHP przyjmować będziemy jednakową wagę subkryteriów w ramach każdego kryterium (a tak uczyniono w opisywanym przypadku), wyniki rankingowania tą metodą będą zgodne z rankingiem otrzymanym metodą *scoringową*.

ZAŁĄCZNIK 1

Miary odległości w przestrzeniach wielowymiarowych

ARKADIUSZ MANIKOWSKI

W procesach rankingowania i selekcji technologie są opisywane wieloma cechami. Dotyczą one różnych aspektów ich powstawania i rozwoju. Powoduje to, że w analizach ilościowych technologie są traktowane jako obiekty wielowymiarowe.

Część metod oceny technologii (np. *Fuzzy Euclid*) bazuje na określaniu odległości między nimi w celu wykrycia technologii najbardziej atrakcyjnych. W efekcie występuje konieczność zastosowania pewnych miar wyrażających odległości między obiektami wielowymiarowymi.

Mamy tutaj do czynienia z kilkoma problemami. Pierwszy związany jest z tym, jak mierzyć odległość między dwoma obiektami. Drugi natomiast – jak mierzyć odległość między obiektem a pewnym ich skupieniem.

Rozważmy pierwszy problem. Do pomiaru odległości pomiędzy dwoma obiektami wykorzystuje się różne metryki, których zestaw wraz z ich własnościami prezentuje tabela 28.

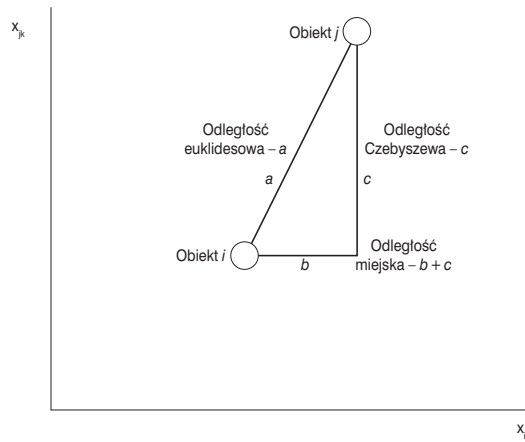
Tabela 28. Najczęściej wykorzystywane miary odległości

| Nazwa miary | Definicja | Opis |
|-----------------------|---|---|
| Odległość euklidesowa | $d(x_i, x_j) = \left[\sum_{k=1}^n (x_{ik} - x_{jk})^2 \right]^{\frac{1}{2}}$ | Odległość geometryczna w przestrzeni wielowymiarowej |
| Odległość miejska | $d(x_i, x_j) = \sum_{k=1}^n x_{ik} - x_{jk} $ | Przeciętna różnica wzdłuż wymiarów. Wpływ pojedynczej, dużej różnicy pomiędzy cechami jest stłumiony. |
| Odległość Czebyszewa | $d(x_i, x_j) = \max x_{ik} - x_{jk} $ | Stosowana do wyboru obiektów różniących się w jednym, dowolnym wymiarze |

Oznaczenia: x_i – i -ty obiekt, x_{ik} – k -ta cecha i -tego obiektu.

Źródło: opracowanie własne na podstawie: M. Dobosz (2001): *Wspomagana komputerowo statystyczna analiza wyników badań*, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa, s. 339.

Istotę odległości, które opisuje tabela 28, zobrazowano na przykładzie dwuwymiarowej przestrzeni (rysunek 14).



Rysunek 14. Istota odległości pomiędzy obiektami w przestrzeni dwuwymiarowej. Źródło: opracowanie własne.

Kolejny problem to zdefiniowanie miar odległości pomiędzy skupieniami (obiektem a grupą obiektów lub między dwiema grupami obiektów). Zestaw najczęściej wykorzystywanych miar odległości między obiektem a skupieniem (grupą obiektów) przedstawia tabela 29. Analogicznie definiuje się miary odległości pomiędzy dwoma skupieniami.

Tabela 29. Najczęściej wykorzystywane miary odległości pomiędzy obiektem a skupieniem

| Nazwa | Definicja | Opis |
|----------------------------|--|--|
| Średnia odległość | $d(x, G) = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k d(x, x_i)$ | Średnia odległość między obiektem X a elementami skupienia G . |
| Maksymalna odległość | $d(x, G) = \max \{d(x, x_i)\}$ | Maksymalna odległość między obiektem X a obiektami należącymi do skupienia G . |
| Minimalna odległość | $d(x, G) = \min \{d(x, x_i)\}$ | Minimalna odległość między obiektem X a obiektami należącymi do skupienia G . |
| Odległość od reprezentanta | $d(x, G) = d(x, x_G)$ | Odległość pomiędzy obiektem X a reprezentantem X_G skupienia G . |

Oznaczenia: $d(x, x_i)$ – odległość pomiędzy obiektem x a obiektem x_i ; G – skupienie obiektów x_i ; x_G – reprezentant skupienia G , k – liczność skupienia G .

Źródło: opracowanie własne na podstawie W. Ostasiewicz, red. (1998): *Statystyczne metody analizy danych*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej im. Oskara Langego we Wrocławiu, Wrocław, pkt. 2.7.3.

Reprezentanta x_G skupienia G można wyznaczyć na wiele sposobów. Do najczęściej wykorzystywanych należą następujące metody:

- reprezentant skupienia ma cechy będące średnimi arytmetycznymi odpowiednich cech obiektów skupienia;
- reprezentantem skupienia jest obiekt najbardziej podobny do wszystkich obiektów skupienia, czyli obiekt, dla którego suma odległości między nim a pozostałymi obiektami jest najmniejsza.

ZAŁĄCZNIK 2

Podstawy logiki rozmytej

ARKADIUSZ MANIKOWSKI

Coraz większego znaczenia nabierają modyfikacje znanych, klasycznych metod o elementy związane z logiką rozmytą. Przykład stanowi omówiona w opracowaniu metoda AHP. W klasycznej wersji nie bierze ona pod uwagę niepewności towarzyszącej ocenom projektów innowacyjnym. Zakłada jednoznaczne opinie ekspertów określających ważność kryteriów przez porównywanie ich parami. Jak wiadomo, język naturalny, jakim posługują się eksperci, jest pełen niejednoznaczności. Przykładem tego jest sformułowanie, że „kryterium A jest raczej ważniejsze od kryterium B”. Uwzględnienie niejednoznaczności tego typu doprowadziło do opracowania rozmytej wersji metody AHP (ang. *fuzzy AHP*, FAHP) (Chang, 1992). Inną metodą, wykorzystującą logikę rozmytą, jest Fuzzy Consistency Matrix. Również szara statystyka (ang. *grey statistics*) jest bardzo zbliżona w swoich założeniach do podejścia rozmytego.

Metody rozmyte bazują na teorii zbiorów rozmytych, w rozwoju której krokiem milowym była praca Bellmana i Zadeha (1970) i kolejna praca Zadeha (1972). Podstawowymi elementami teorii zbiorów rozmytych były (Kacprzyk, 2001, s. 21–22):

- zmienne lingwistyczne, przyjmujące takie wartości jak np. wysoki, średni, niski, które są utożsamiane ze zbiorami rozmytymi;
- rozmyte zdania warunkowe, które określają relacje pomiędzy zmiennymi lingwistycznymi, występujące w postaci reguł typu *IF-THEN*;
- złożeniowa reguła wnioskowania, pozwalająca wnioskować o wartościach zmiennych lingwistycznych na podstawie związanych z nimi innych zmiennych lingwistycznych.

Wartości lingwistyczne utożsamia się ze zbiorami rozmytymi o charakterze często trapezoidalnym lub trójkątnym, nazywając je w literaturze zmiennymi. Istotę zbiorów rozmytych oraz ich niewątpliwą przewagę nad podejściem probabilistycznym można zaprezentować na prostym przykładzie, związanym z temperaturą powietrza. W podejściu klasycznym będziemy widzieć temperaturę 25°, zaś w podejściu rozmytym temperaturę wysoką lub wynoszącą mniej więcej 25°, co jest konsekwencją używania w tym celu języka naturalnego.

Formalnie zbiór konwencjonalny **A** można utożsamić z jego funkcją charakterystyczną:

$$\varphi_{\mathbf{A}} : \mathbf{X} \rightarrow \{0,1\},$$

która każdemu elementowi X przestrzeni \mathbf{X} przypisuje liczbę ze zbioru $\{0,1\}$, gdzie wartość 0 oznacza, że element X nie należy do zbioru \mathbf{A} , wartość 1, jeśli X należy do zbioru \mathbf{A} .

Zadeh (1965) zastępuje funkcję charakterystyczną j przez funkcję przynależności, określoną w następujący sposób:

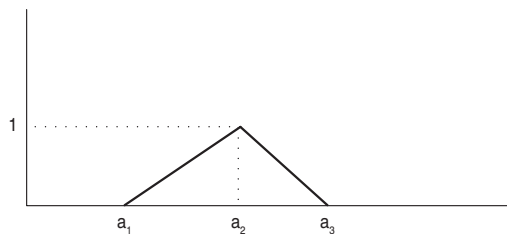
$$\mu_{\mathbf{A}} : \mathbf{X} \rightarrow [0,1],$$

gdzie $\mu_{\mathbf{A}}(X)$ należy do przedziału domkniętego $[0,1]$ i wyraża stopień, w jakim element X z przestrzeni \mathbf{X} należy do zbioru rozmytego \mathbf{A} .

Przy czym $\mu_{\mathbf{A}}(x) = 0$ oznacza całkowity brak przynależności, zaś $\mu_{\mathbf{A}}(x) = 1$ odpowiada całkowitej przynależności.

Zbiór rozmyty (liczbę rozmytą) można scharakteryzować za pomocą dwóch parametrów. Jeden z nich determinuje podział, drugi zaś rozmycie. W analizach spotykanych w literaturze zbiór rozmyty definiuje się jednak najczęściej trzema parametrami. Ideę trójkątnej liczby rozmytej $\mu_{\mathbf{A}}(x)$ (ang. *triangular fuzzy number*) przedstawia rysunek 15. Formalna jej definicja jest następująca:

$$\mu_{\mathbf{A}}(x) = \begin{cases} 0 & \text{dla } x < a_1 \\ \frac{x - a_1}{a_2 - a_1} & \text{dla } a_1 \leq x \leq a_2 \\ \frac{a_3 - x}{a_3 - a_2} & \text{dla } a_2 \leq x \leq a_3 \\ 0 & \text{dla } x > a_3 \end{cases}$$



Rysunek 15. Idea trójkątnej liczby rozmytej. Źródło: opracowanie własne.

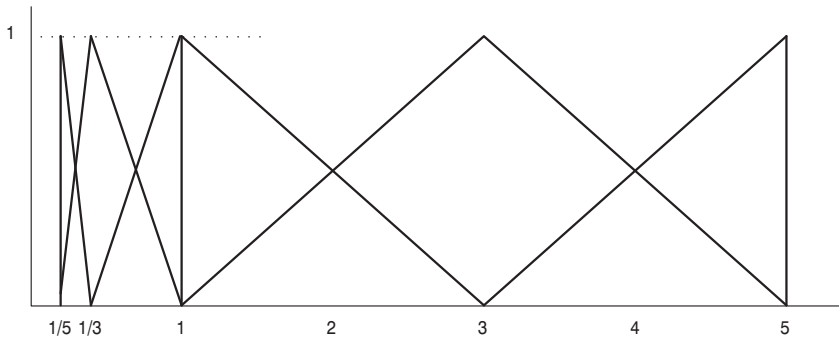
Na podstawie liczb rozmytych określa się skalę lingwistyczną. Przykład takiej skali został wykorzystany przez Alptekina i innych (2009) do analizy ryzyka innowacyjnego nowego produktu w rozmytej wersji metody AHP (zob. tabela 30).

Skala lingwistyczna, którą przedstawia rysunek 16, obrazuje tzw. *defuzyfikację*, czyli proces, dzięki któremu wyjściowym wartościom lingwistycznym (tj. otrzymanym w wyniku obliczeń) przypisuje się wartości dyskretne.

Tabela 30. Skala lingwistyczna i odpowiadające jej liczby rozmyte

| Skala | Trójkątne liczby rozmyte |
|-----------------|--------------------------|
| Bardzo niskie | (1/5, 1/5, 1/3) |
| Niskie | (1/5, 1/3, 1) |
| Dokładnie równe | (1,1,1) |
| Trochę wyższe | (1/3, 1, 3) |
| Wysokie | (1,3,5) |
| Bardzo wysokie | (3,5,5) |

Źródło: E. Alptekin, D. Yalcinyigit, G. Alptekin (2009): *Evaluation of Risks in New Product Innovation*, World Academy of Science, Engineering and Technology, nr 54, s. 1157–1161.



Rysunek 16. Skala lingwistyczna dla przykładowych danych. Źródło: opracowanie własne na podstawie: E. Alptekin, D. Yalcinyigit, G. Alptekin (2009): *Evaluation of Risks in New Product Innovation*, World Academy of Science, Engineering and Technology, nr 54, s. 1157–1161.

ZAŁĄCZNIK 3

Kryteria oceny technologii

KRZYSZTOF KLINCEWICZ

Niniejszy załącznik zawiera listę pytań, służących ocenie i porównywaniu technologii, stanowiącą podstawę dla algorytmu O-R-S, opisanego w rozdziale 4. Zaprezentowane poniżej kryteria zostały podzielone na następujące grupy tematyczne:

- A) kryteria dotyczące innowacyjności,
- B) kryteria dotyczące konkurencyjności,
- C) kryteria strategiczne,
- D) kryteria dotyczące doświadczeń organizacji-dostawcy,
- E) kryteria dotyczące znaczenia technologii dla organizacji-dostawcy,
- F) kryteria marketingowe,
- G) kryteria dotyczące zastosowań technologii,
- H) kryteria techniczne,
- I) kryteria dotyczące technologii produkcyjnych,
- J) kryteria dotyczące ochrony patentowej,
- K) kryteria społeczne i etyczne,
- L) kryteria ekologiczne.

Lista zawiera łącznie 184 kryteria. W zależności od wybranego scenariusza oceny wykorzystane będą tylko niektóre z nich, a szczegółowe wytyczne zaprezentowane są w rozdziale 4. Każde pytanie (z wyjątkiem F1) pozwala na wybór pięciu możliwych odpowiedzi, które skalowane są zgodnie ze skalą Likerta (wartość 5 przypisana do pierwszej z możliwych odpowiedzi, wartość 1 – do ostatniej z nich).

Kryteria dotyczące innowacyjności (A)

- A1. Jaki jest poziom innowacyjności technologii?
 - rozwiązanie bardzo innowacyjne, zaspokajające dobrze znaną potrzebę klientów
 - rozwiązanie innowacyjne, oferujące wymierne korzyści dla klientów
 - rozwiązanie innowacyjne, którego zakup nie wiąże się z jednoznacznymi korzyściami dla klientów
 - nieznaczne udoskonalenia w stosunku do istniejących rozwiązań
 - rozwiązanie niewykazujące istotnych udoskonaleń w stosunku do znanych i stosowanych rozwiązań

- A2. Czy technologia jest oryginalna zgodnie z obecnym stanem wiedzy?
- przełomowa innowacja w skali świata
 - rozwiązanie innowacyjne w skali kraju, mające jednak zagraniczne odpowiedniki
 - rozwiązanie innowacyjne w skali branży/obszaru zastosowań, posiadające jednak odpowiedniki w innych branżach/obszarach
 - rozwiązanie innowacyjne dla organizacji-dostawcy, mające jednak odpowiedniki stworzone i oferowane przez innych lokalnych dostawców
 - rozwiązanie mało oryginalne, zbliżone do istniejącej oferty organizacji-dostawcy
- A3. Na czym polega udoskonalenie w stosunku do istniejących alternatyw?
- rozwiązanie ma charakter przełomowy i może wpłynąć na zmiany strategii firm-dostawców rozwiązań alternatywnych
 - rozwiązanie stanowi istotne udoskonalenie znanych wcześniej alternatyw
 - rozwiązanie stanowi udoskonalenie znanych wcześniej alternatywy
 - rozwiązanie stanowi nieznaczne udoskonalenie znanych wcześniej alternatyw
 - rozwiązanie nie oferuje udoskonalień w stosunku do znanych wcześniej alternatyw

Kryteria dotyczące konkurencyjności (B)

- B1. Czy pozycja rynkowa technologii jest zagrożona przez istniejące rozwiązania?
- nie istnieją zbliżone alternatywy
 - istnieje alternatywna technologia, która nie jest obecnie konkurencyjna
 - istnieje alternatywna technologia, mająca ograniczone zastosowania
 - istnieje alternatywna technologia, mająca potencjalnie szerokie zastosowania
 - istnieje alternatywna technologia, która dominuje na rynku
- B2. Jak upowszechnienie się technologii wpłynie na istniejące, alternatywne rozwiązania?
- upowszechnienie się technologii może stwarzać dodatkowe okazje do sprzedaży rozwiązań alternatywnych
 - upowszechnienie się technologii nie będzie miało związku ze zmianami poziomów sprzedaży rozwiązań alternatywnych
 - upowszechnienie się technologii doprowadzi do nieznacznego spadku sprzedaży rozwiązań alternatywnych
 - upowszechnienie się technologii doprowadzi do istotnego spadku sprzedaży rozwiązań alternatywnych
 - upowszechnienie się technologii wyeliminuje z rynku dostawców rozwiązań alternatywnych
- B3. Czy oferowane przez technologię nowe możliwości w porównaniu z alternatywami mają znaczenie dla klientów?
- w bardzo istotnym stopniu
 - w istotnym stopniu

- w pewnym stopniu
 - w niewielkim stopniu
 - nie
- B4. Czy oferowana przez technologię poprawa wydajności w porównaniu z alternatywami ma znaczenie dla klientów?
- w bardzo istotnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w niewielkim stopniu
 - nie
- B5. Czy oferowana przez technologię poprawa wygody użytkowania w porównaniu z alternatywami ma znaczenie dla klientów?
- w bardzo istotnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w niewielkim stopniu
 - nie
- B6. Czy oferowana przez technologię obniżka kosztów zakupu i użytkowania w porównaniu z alternatywami ma znaczenie dla klientów?
- w bardzo istotnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w niewielkim stopniu
 - nie
- B7. Kto oferuje zbliżone alternatywy wobec technologii?
- zbliżone alternatywy nie są oferowane w Polsce
 - firmy zagraniczne, nieobecne na rynku polskim i niemające w Polsce dystrybutorów
 - lokalne firmy działające wyłącznie na rynku polskim
 - firmy międzynarodowe działające za granicą i mające w Polsce dystrybutorów
 - koncerny międzynarodowe działające w Polsce i za granicą
- B8. Ile zbliżonych alternatyw wobec technologii jest dostępnych na polskim rynku?
- zbliżone alternatywy nie są oferowane w Polsce
 - jedna alternatywa
 - dwie alternatywy
 - od trzech do pięciu alternatyw
 - więcej niż pięć alternatyw
- B9. Jaka jest popularność alternatyw wobec technologii?
- zbliżone alternatywy nie są dostępne

- żadna z alternatyw nie jest wyraźnie preferowana przez rynek
 - wśród alternatyw istnieje kilka szczególnie popularnych wśród klientów
 - wśród alternatyw istnieją dwie najpopularniejsze wśród klientów
 - wśród alternatyw wobec technologii istnieje jedna, dominująca na rynku
- B10. Czy najbardziej aktywny dostawca rozwiązania alternatywnego wobec technologii jest zaangażowany w obsługę rynku i oferowanie tego rozwiązania?
- w bardzo istotnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w niewielkim stopniu
 - nie
- B11. Jak wiele patentów udzielono w ostatnich 2 latach w obszarze, do którego zalicza się technologia?
- bardzo mało
 - mało
 - liczba porównywalna do innych obszarów
 - dużo
 - bardzo dużo
- B12. Ile podmiotów posiada patenty w obszarze, do którego zalicza się technologia?
- bardzo dużo
 - dużo
 - liczba porównywalna do innych obszarów
 - mało
 - bardzo mało
- B13. Czy istnieją bariery wejścia dla potencjalnych konkurentów?
- istnieją bardzo wysokie bariery wejścia, oparte m.in. na unikatowym dostępie do materiałów lub komponentów, nad których dostawą organizacja ma pełną kontrolę
 - istnieją wysokie bariery wejścia, oparte m.in. na ochronie patentowej
 - istnieją średnie bariery wejścia, oparte m.in. umowach licencji wyłącznych z dostawcami kluczowych komponentów
 - istnieją niskie bariery wejścia
 - bezpośredni konkurenci już istnieją i oferują porównywalne rozwiązania

Kryteria strategiczne (C)

- C1. Czy wprowadzenie technologii pozwoli organizacji-dostawcy na ochronę dotychczasowej pozycji lub zwiększenie konkurencyjności na obecnym rynku?
- w bardzo istotnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w pewnym stopniu

- w niewielkim stopniu
 - nie
- C2. Czy wprowadzenie technologii pozwoli organizacji-dostawcy na zdobycie nowych rynków?
- w bardzo istotnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w niewielkim stopniu
 - nie
- C3. Czy wprowadzenie technologii pozwoli organizacji-dostawcy na redukcję kosztów operacyjnych?
- w bardzo istotnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w niewielkim stopniu
 - nie
- C4. Czy wprowadzenie technologii przyczyni się do budowy pozytywnego wizerunku organizacji-dostawcy?
- w bardzo istotnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w niewielkim stopniu
 - nie
- C5. Czy wprowadzenie technologii ułatwi organizacji-dostawcy dalsze prace badawczo-rozwojowe?
- w bardzo istotnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w niewielkim stopniu
 - nie
- C6. Czy wprowadzenie technologii ograniczy rozwój konkurencyjnych technologii?
- w bardzo istotnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w niewielkim stopniu
 - nie
- C7. Czy wprowadzenie technologii ułatwi organizacji-dostawcy zawieranie umów licencyjnych i umów sprzedaży?
- w bardzo istotnym stopniu

- w istotnym stopniu
- w pewnym stopniu
- w niewielkim stopniu
- nie

- C8. Czy rozwój i oferowanie technologii jest zgodne ze strategią biznesową organizacji?
- w bardzo istotnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w niewielkim stopniu
 - nie

Kryteria dotyczące doświadczeń organizacji-dostawcy (D)

- D1. Czy organizacja-dostawca ma pozytywne doświadczenia związane z wytwarzaniem i dostarczaniem rozwiązań technicznych na dużą skalę?
- bardzo dużo doświadczeń
 - dużo doświadczeń
 - pewne doświadczenia
 - niewielkie doświadczenie
 - brak doświadczeń
- D2. Czy organizacja-dostawca ma pozytywne doświadczenia związane z wdrażaniem rozwiązań technicznych u klientów?
- bardzo dużo doświadczeń
 - dużo doświadczeń
 - pewne doświadczenia
 - niewielkie doświadczenie
 - brak doświadczeń
- D3. Czy organizacja-dostawca ma pozytywne doświadczenia związane z serwisowaniem rozwiązań technicznych, dostarczonych klientom?
- bardzo dużo doświadczeń
 - dużo doświadczeń
 - pewne doświadczenia
 - niewielkie doświadczenie
 - brak doświadczeń
- D4. Jakie doświadczenia ma organizacja-dostawca we wprowadzaniu nowych technologii na rynek?
- organizacja z powodzeniem wprowadziła na rynki polski i zagraniczne wiele nowych technologii, które okazały się sukcesem biznesowym
 - organizacja z powodzeniem wprowadziła na rynek polski wiele nowych technologii, które okazały się sukcesem biznesowym

- organizacja z powodzeniem wprowadziła na rynek kilka technologii, które okazały się sukcesem biznesowym
 - organizacja z powodzeniem wprowadziła na rynek jedną technologię, która okazała się sukcesem biznesowym
 - organizacja nie odniosła jeszcze sukcesów we wprowadzaniu na rynek technologii
- D5. Jakie doświadczenia ma organizacja-dostawca w zapewnieniu jakości oferowanych rozwiązań?
- organizacja ma wewnętrzny system zapewnienia jakości, obejmujący m.in. procedury testowania i rozpatrywania reklamacji i bardzo pozytywne opinie dotychczasowych klientów
 - organizacja ma wewnętrzny system zapewnienia jakości, obejmujący m.in. procedury testowania i rozpatrywania reklamacji
 - organizacja posiada sformalizowane procedury testowania i rozpatrywania reklamacji
 - organizacja działa w oparciu o doświadczenia przy testowaniu i rozpatrywaniu reklamacji
 - organizacja nie ma doświadczeń z testowaniem i rozpatrywaniem reklamacji
- D6. Czy organizacja-dostawca posiada możliwość sfinansowania niezbędnych działań w zakresie rozwoju technologii?
- możliwość sfinansowania niezbędnych prac badawczo-rozwojowych w oparciu o środki własne
 - możliwość sfinansowania niezbędnych prac badawczo-rozwojowych w oparciu o środki własne i zagwarantowane finansowanie zewnętrzne
 - możliwość częściowego sfinansowania niezbędnych prac badawczo-rozwojowych w oparciu o środki własne oraz wysokie prawdopodobieństwo zdobycia dalszego finansowania zewnętrznego
 - wysokie prawdopodobieństwo zdobycia finansowania zewnętrznego dla niezbędnych prac badawczo-rozwojowych przy braku wystarczających środków własnych na współfinansowanie
 - brak pewności zdobycia finansowania zewnętrznego dla niezbędnych prac badawczo-rozwojowych przy braku wystarczających środków własnych na współfinansowanie
- D7. Czy organizacja-dostawca ma możliwość sfinansowania niezbędnych działań w zakresie wprowadzania na rynek technologii, jej promocji i sprzedaży?
- możliwość sfinansowania niezbędnych działań w oparciu o środki własne
 - możliwość sfinansowania niezbędnych działań w oparciu o środki własne i zagwarantowane finansowanie zewnętrzne
 - możliwość częściowego sfinansowania niezbędnych działań w oparciu o środki własne oraz wysokie prawdopodobieństwo zdobycia dalszego finansowania zewnętrznego

- wysokie prawdopodobieństwo zdobycia finansowania zewnętrznego dla niezbędnych działań przy braku wystarczających środków własnych na współfinansowanie
- brak pewności zdobycia finansowania zewnętrznego dla niezbędnych działań przy braku wystarczających środków własnych na współfinansowanie

Kryteria dotyczące znaczenia technologii dla organizacji-dostawcy (E)

- E1. Jakiego potencjalnego wzrostu sprzedaży organizacja-dostawca może spodziewać się po zaoferowaniu technologii?
- bardzo dużego
 - dużego
 - średniego
 - niewielkiego
 - bardzo niewielkiego
- E2. Jaka część zysków organizacji-dostawcy jest generowana/zgodnie z wiarygodnymi prognozami ma być generowana przez technologię?
- ponad 25%
 - od 15% do 25%
 - od 10% do 15%
 - od 3% do 10%
 - poniżej 3%
- E3. Przez kogo została rozwinięta znacząca część technologii?
- samodzielnie przez organizację-dostawcę
 - przez organizację-dostawcę przy współpracy ze specjalistami zewnętrznymi lub innymi organizacjami
 - przez zewnętrznych specjalistów lub inne organizacje, które sprzedały technologię i nie zajmują się jej dalszym rozwojem lub oferowaniem
 - przez zewnętrznych specjalistów lub inne organizacje, które udzieliły licencji wyłącznej i nie zajmują się jej dalszym rozwojem lub oferowaniem
 - przez zewnętrznych specjalistów lub inne organizacje, które udzieliły licencji niewyłącznej i mogą zajmować się jej dalszym rozwojem lub oferowaniem
- E4. Jaki jest udział wkładu własnego organizacji-dostawcy w analizowaną technologię?
- od 80% do 100%
 - od 60% do 79%
 - od 40% do 59%
 - od 20% do 39%
 - poniżej 20%
- E5. W jakim stopniu technologia jest związana z dotychczasową działalnością badawczo-rozwojową i produkcyjną organizacji-dostawcy?
- rozwój tej technologii stanowi główny obszar zainteresowań organizacji

- technologia pokrywa się z głównym obszarem zainteresowań organizacji
 - technologia jest zbliżona do dotychczasowych obszarów zainteresowań organizacji
 - technologia nie ma związku z dotychczasowymi obszarami zainteresowań organizacji, ale należy do obszarów zainteresowań partnerów organizacji
 - technologia nie ma związku z dotychczasowymi obszarami zainteresowań organizacji ani jej partnerów
- E6. Jak długie doświadczenia ma organizacja w prowadzeniu badań w obszarze, którego dotyczy technologia?
- 5 lub więcej lat
 - od 2 do 5 lat
 - od 1 roku do 2 lat
 - od pół do 1 roku
 - okres krótszy niż pół roku
- E7. W jakim stopniu technologia jest związana z produktami organizacji-dostawcy?
- technologia ma charakter podstawowy dla kilku dotychczasowych produktów organizacji, skierowanych do różnych grup odbiorców
 - technologia ma charakter podstawowy dla jednego z dotychczasowych produktów organizacji
 - technologia ma charakter uzupełniający dla kilku dotychczasowych produktów organizacji, skierowanych do różnych grup odbiorców
 - technologia ma charakter uzupełniający dla jednego z dotychczasowych produktów organizacji
 - technologia nie ma związku z dotychczasowymi produktami organizacji-dostawcy
- E8. Jakie są związki pomiędzy technologią a istniejącą bazą produkcyjną organizacji-dostawcy?
- technologia wykorzystuje istniejącą bazę produkcyjną bez potrzeby dodatkowych zmian
 - technologia wykorzystuje istniejącą bazę produkcyjną po wprowadzeniu dostosowań konfiguracyjnych
 - technologia wymaga inwestycji w nieliczne nowe urządzenia, które uzupełnią dotychczasową bazę produkcyjną
 - technologia wymaga inwestycji w wiele nowych urządzeń, które uzupełnią dotychczasową bazę produkcyjną
 - technologia wymaga inwestycji w zupełnie nową bazę produkcyjną
- E9. Jakie są związki pomiędzy technologią a istniejącymi kompetencjami pracowników organizacji-dostawcy?
- technologia wykorzystuje istniejące kompetencje pracowników bez potrzeby dodatkowych zmian
 - technologia wykorzystuje istniejące kompetencje pracowników uzupełnione o zapoznanie się z dokumentacją i szkolenia wewnętrzne

- technologia wymaga inwestycji w szkolenia, które uzupełnią dotychczasowe kompetencje pracowników
 - technologia wymaga inwestycji w wiele szkoleń, które uzupełnią dotychczasowe kompetencje pracowników
 - technologia wymaga zdobycia zupełnie nowych kompetencji pracowników
- E10. Czy zostały sformalizowane perspektywy rozwoju technologii?
- istnieją spisane i zatwierdzone plany rozwoju technologii oraz zarezerwowane zostały środki finansowe na wsparcie tego rozwoju
 - istnieją spisane i zatwierdzone plany rozwoju technologii, ale nie zostały zarezerwowane środki finansowe na wsparcie tego rozwoju
 - istnieją spisane plany rozwoju technologii, ale plany nie zostały zatwierdzone, ani nie zostały zarezerwowane środki finansowe na wsparcie tego rozwoju
 - istnieje zarys planów rozwoju technologii, który nie został jeszcze zatwierdzony
 - nie istnieją jeszcze plany rozwoju technologii
- E11. Jaka jest ocena kompetencji zespołu, zajmującego się rozwojem i wdrażaniem technologii?
- najwyższy poziom międzynarodowy
 - najwyższy poziom krajowy
 - dobry, kompetentny i doświadczony zespół
 - niedostatki kompetencyjne
 - brak dedykowanego zespołu
- E12. Jaka jest ocena kompetencji zespołu, zajmującego się promocją i sprzedażą technologii?
- konkurencyjny w porównaniu z międzynarodowymi dostawcami
 - konkurencyjny w porównaniu z polskimi dostawcami
 - dobry, kompetentny i doświadczony zespół
 - niedostatki kompetencyjne
 - brak dedykowanego zespołu
- E13. Jaka jest zdolność organizacji-dostawcy do nadążania za rozwojem wiedzy naukowo-technicznej w obszarach związanych z technologią?
- organizacja monitoruje rozwój wiedzy naukowo-technicznej poprzez systematyczne analizy międzynarodowych czasopism naukowych oraz regularny udział w zagranicznych konferencjach i targach technologicznych
 - organizacja monitoruje rozwój wiedzy naukowo-technicznej poprzez lekturę międzynarodowych czasopism naukowych oraz doraźny udział w zagranicznych konferencjach i targach technologicznych
 - organizacja monitoruje rozwój wiedzy naukowo-technicznej poprzez lekturę krajowych czasopism naukowych oraz udział w krajowych konferencjach i targach technologicznych

- pracownicy organizacji czasami czytają czasopisma naukowe oraz biorą udział w konferencjach i targach technologicznych
 - organizacja nie monitoruje rozwoju wiedzy naukowo-technicznej
- E14. Czy organizacja-dostawca może przez wprowadzenie na rynek technologii poprawić swój udział w rynku?
- w bardzo istotnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w niewielkim stopniu
 - nie
- E15. Czy organizacja-dostawca spodziewa się znaczących przychodów z wprowadzenia na rynek technologii i opartych na niej produktów?
- w bardzo istotnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w niewielkim stopniu
 - nie
- E16. Czy wprowadzenie technologii pozwoli na stworzenie nowych rynków dla organizacji-dostawcy?
- w bardzo istotnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w niewielkim stopniu
 - nie
- E17. Czy wprowadzenie technologii może przyczynić się do spadku sprzedaży innych rozwiązań, oferowanych obecnie przez organizację-dostawcę?
- nie
 - w niewielkim stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w bardzo istotnym stopniu
- E18. Czy technologia stwarza podstawy do zaoferowania rodziny produktów, a nie tylko pojedynczego produktu?
- w bardzo istotnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w niewielkim stopniu
 - nie

E19. Czy doszło do standaryzacji procesu wytwarzania technologii?

- proces wytwórczy został opisany i zaimplementowany, możliwa jest jego pełna kontrola
- proces wytwórczy został opisany, ale został tylko częściowo zaimplementowany
- proces wytwórczy został tylko częściowo opisany i możliwe jest wdrożenie i kontrola tej części procesu
- proces wytwórczy nie został opisany, ale jest dobrze znany wielu pracownikom organizacji-dostawcy
- proces wytwórczy nie został opisany, ale jest dobrze znany pojedynczemu pracownikowi organizacji-dostawcy

E20. Jaka jest ocena dokumentacji technicznej dla użytkowników technologii?

- w przejrzysty sposób wyjaśnia wszystkie istotne wątpliwości, związane z wykorzystywaniem technologii
- wyjaśnia większość istotnych wątpliwości, związanych z wykorzystywaniem technologii
- nie wyjaśnia wielu istotnych wątpliwości, związanych z wykorzystywaniem technologii
- niekompletna, nie wystarcza do poprawnego wykorzystywania technologii
- nie istnieje

E21. Jaka jest ocena materiałów informacyjno-promocyjnych dla potencjalnych nabywców technologii (w tym broszur, prezentacji multimedialnych, zawartości strony internetowej)?

- w przekonujący sposób opisują korzyści, związane z wykorzystywaniem technologii, odnosząc się do oferty konkurencji
- opisują korzyści, związanych z wykorzystywaniem technologii
- nie opisują korzyści, związanych z wykorzystywaniem technologii, a głównie jej parametry techniczne
- zawierają podstawowe informacje o technologii
- nie istnieją

E22. Jaka jest liczba współtwórców technologii?

- technologia powstała w wyniku współpracy licznego zespołu twórców, pracujących w organizacji oraz w organizacjach partnerskich
- technologia powstała w wyniku współpracy licznego zespołu twórców, pracujących w różnych częściach organizacji
- technologia powstała w wyniku współpracy kilkusobowego zespołu twórców
- technologia powstała w wyniku pracy indywidualnego twórcy
- technologia powstała poza organizacją-dostawcą

Kryteria marketingowe (F)

- F1. Czy wdrożenie technologii jest wymuszone przepisami prawa i jest konieczne, niezależnie od ewentualnych, związanych z nią korzyści?
- tak¹
 - nie
- F2. Jaką wiedzę posiada organizacja-dostawca na temat możliwych zastosowań technologii i potrzeb jej odbiorców?
- pełna wiedza o możliwych zastosowaniach i potrzebach odbiorców
 - wiedza o możliwych zastosowaniach i potrzebach odbiorców
 - wiedza o możliwych zastosowaniach, ale ograniczona wiedza o potrzebach odbiorców
 - ograniczona wiedza o możliwych zastosowaniach i potrzebach odbiorców
 - ograniczona wiedza o możliwych zastosowaniach, brak wiedzy na temat potrzeb odbiorców
- F3. Czy upowszechnienie technologii wydaje się zgodne z prognozami dotyczącymi kierunków rozwoju technologii i oczekiwań nabywców?
- upowszechnianie tego wariantu technologii jest wysoce prawdopodobne w świetle wyników sformalizowanych prognoz i studiów *foresight*, dotyczących kierunków rozwoju technologii i oczekiwań nabywców
 - upowszechnianie tego wariantu technologii jest prawdopodobne w świetle wyników sformalizowanych prognoz i studiów *foresight*, dotyczących kierunków rozwoju technologii i oczekiwań nabywców
 - upowszechnianie jednego ze zbliżonych wariantów technologii jest prawdopodobne w świetle wyników sformalizowanych prognoz i studiów *foresight*, dotyczących kierunków rozwoju technologii i oczekiwań nabywców
 - upowszechnianie technologii jest możliwe w świetle wyników sformalizowanych prognoz i studiów *foresight*, dotyczących kierunków rozwoju technologii i oczekiwań nabywców
 - nie przeprowadzono lub nie analizowano wyników sformalizowanych prognoz i studiów *foresight*, dotyczących kierunków rozwoju technologii i oczekiwań nabywców; albo: wyniki sformalizowanych prognoz i studiów *foresight*, dotyczących kierunków rozwoju technologii i oczekiwań nabywców, wskazują na brak perspektywy upowszechniania tego wariantu technologii

¹ Pozytywna odpowiedź na to pytanie oznacza, że prezentowane dalej kryteria marketingowe tracą na znaczeniu w procesie oceny, gdyż technologia musi być wdrożona przez odbiorcę. Wyjątkiem będzie sytuacja, w której istnieje wiele alternatywnych technologii lub wariantów zbliżonej technologii, które mogą zapewnić zgodność z wymogami prawa lub innymi formalnymi standardami. W tej sytuacji technologia musi zostać porównana z ofertą konkurencji, a odpowiedź na omawiane pytanie nie ma rzeczywistego znaczenia dla procesu oceny i selekcji.

- F4. Czy technologia zaspokaja potrzeby odbiorców?
- istnieje silne zapotrzebowanie w jednoznacznie określonym segmencie rynku, a produkt w pełni zaspokaja potrzeby klientów
 - istnieją wyraźne zapotrzebowanie rynkowe i grupa zadowolonych klientów
 - rynek można wstępnie określić, a opinie pierwszych klientów są pozytywne
 - analizy wskazują na istnienie potencjalnych klientów, ale nie wiadomo, ilu ich jest
 - nie zidentyfikowano jeszcze konkretnego rynku
- F5. Czy technologia ma wymierną wartość dla odbiorców?
- korzyści są znaczące, a wyjątkowe cechy można wykorzystać w przekazie promocyjnym
 - korzyści są łatwe do zaprezentowania
 - korzyści dają się opisać
 - korzyści są trudne do zaprezentowania
 - korzyści są trudne do zrozumienia
- F6. Czy potencjalni odbiorcy osiągną w wyniku wykorzystania technologii dodatkowe korzyści, niedostępne w przypadku stosowania jej alternatyw?
- w bardzo istotnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w niewielkim stopniu
 - nie
- F7. Czy technologię lub oparty na niej produkt charakteryzuje wyższa wygoda użytkowania i prostota obsługi w porównaniu z dostępnymi alternatywami?
- w bardzo istotnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w niewielkim stopniu
 - nie
- F8. Czy wykorzystanie technologii pozwoli użytkownikom na oszczędności (redukcję kosztów operacyjnych, obniżenie zużycia zasobów, eliminację lub ograniczenie niezbędnych opłat)?
- w bardzo istotnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w niewielkim stopniu
 - nie
- F9. Czy technologia lub oparty na niej produkt są dostosowane do aktualnego zapotrzebowania rynkowego?
- analizy rynku i dane sprzedażowe potwierdzają rosnące zainteresowanie produktem

- klienci są wyraźnie zainteresowani zbliżonymi rozwiązaniami i analizowanym produktem
- klienci kupują zbliżone rozwiązania, ale brakuje potwierdzenia, że zrobią to również wobec analizowanego produktu
- pewna grupa klientów nabywa produkty, ale nie zidentyfikowano jeszcze znaczącego rynku – albo: istnieją alternatywne, popularne produkty, które utrudniają upowszechnienie kolejnego rozwiązania
- produkt antycypuje potrzeby rynkowe, ale klienci nie są jeszcze ich świadomi – albo: na rynku dostępne są już liczne zbliżone produkty, a sam rynek wykazuje cechy nasycenia lub spadku

F10. Czy stosowanie technologii jest zgodne z dotychczasowymi nawykami odbiorców?

- w bardzo istotnym stopniu
- w istotnym stopniu
- w pewnym stopniu
- w niewielkim stopniu
- nie

F11. Czy technologia niezależnie od sprzedaży do odbiorców końcowych pozwala na uzyskiwanie przychodów z tytułu umów licencyjnych z innymi producentami technologii?

- istnieją szczególnie atrakcyjne możliwości
- istnieją dobre możliwości
- istnieją umiarkowane możliwości
- istnieją ograniczone możliwości
- nie istnieją takie możliwości

F12. Czy technologia lub oparty na niej produkt jest zgodny z formalnymi wymaganiami, obowiązującymi w Polsce i Unii Europejskiej?

- zgodny w pełni
- zgodny w istotnym stopniu, zapewnienie pełnej zgodności możliwe po wprowadzeniu niewielkich modyfikacji
- zgodny w pewnym stopniu, zapewnienie pełnej zgodności możliwe po wprowadzeniu kosztownych modyfikacji
- zgodny w niewielkim stopniu, zapewnienie pełnej zgodności wymagać będzie znaczących nakładów pracy i inwestycji
- niezgodny, zapewnienie pełnej zgodności będzie trudne do osiągnięcia z przyczyn technicznych

F13. Czy komercjalizacja wymaga specjalnych pozwoleń lub licencji od instytucji publicznych?

- pozwolenia lub licencje nie są wymagane; otrzymano nieograniczone czasowo pozwolenia lub licencje
- otrzymano ograniczone czasowo pozwolenia lub licencje
- wystąpiono o pozwolenia lub licencje, ale nie otrzymano jeszcze decyzji

- nie wystąpiono jeszcze o wymagane pozwolenia lub licencje
 - wystąpiono o pozwolenia lub licencje i otrzymano wstępną decyzję odmowną
- F14. W przypadku konieczności uzyskania specjalnych pozwoleń lub licencji od instytucji publicznych, czy ich uzyskanie jest trudne, kosztowne i obciążone ryzykiem?
- nie
 - w niewielkim stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w bardzo istotnym stopniu
- F15. Czy odbiorcy będą postrzegali wdrożenie technologii jako związane z ryzykiem finansowym (w tym utraty zainwestowanych środków)?
- nie
 - w niewielkim stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w bardzo istotnym stopniu
- F16. Czy odbiorcy będą postrzegali wdrożenie technologii jako związane z ryzykiem technicznym (w tym problemów z wykorzystywaniem technologii)?
- nie
 - w niewielkim stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w bardzo istotnym stopniu
- F17. Czy odbiorcy będą postrzegali wdrożenie technologii jako związane z ryzykiem marketingowym (w tym problemów z własnym wizerunkiem ze względu na wykorzystywanie technologii)?
- nie
 - w niewielkim stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w bardzo istotnym stopniu
- F18. Jakie jest tempo wzrostu rynku w obszarze, którego dotyczy technologia?
- bardzo duże (15% lub więcej)
 - duże (8–15%)
 - średnie (5–8%)
 - małe (2,5–5%)
 - bardzo małe (poniżej 2,5%)

- F19. Czy popyt na technologię lub oparty na niej produkt może być związany z przejściową modą?
- nie
 - w niewielkim stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w bardzo istotnym stopniu
- F20. Czy niedawne zmiany w otoczeniu czynią technologię lub oparty na niej produkt bardziej atrakcyjnym dla użytkowników (np. ze względu na nowe przepisy prawa, trendy konsumpcyjne lub standardy technologiczne)?
- w bardzo istotnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w niewielkim stopniu
 - nie
- F21. W jakim okresie czasu technologia lub oparty na niej produkt może okazać się przestarzały?
- powyżej 10 lat
 - od 5 do 10 lat
 - od 2 do 5 lat
 - od 1 roku do 2 lat
 - okres krótszy niż 1 rok
- F22. Czy wykorzystywanie technologii jest możliwe bez zdobycia przez użytkowników nowej, specjalistycznej wiedzy?
- nie
 - w niewielkim stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w bardzo istotnym stopniu
- F23. Czy istnieje możliwość uzależnienia odbiorców i potencjalnych odbiorców od organizacji-dostawcy?
- w bardzo istotnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w niewielkim stopniu
 - nie
- F24. Czy dostępna jest infrastruktura, niezbędna do efektywnego wykorzystywania technologii?
- w bardzo istotnym stopniu
 - w istotnym stopniu

- w pewnym stopniu
 - w niewielkim stopniu
 - nie
- F25. Czy technologia pozwoli rozwiązać problemy techniczne, które są postrzegane jako ważne przez potencjalnych odbiorców?
- w bardzo istotnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w niewielkim stopniu
 - nie
- F26. Czy korzyści o charakterze technicznym, oferowane przez technologie, są ważne dla potencjalnych odbiorców?
- w bardzo istotnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w niewielkim stopniu
 - nie
- F27. Czy potencjalni odbiorcy są wrażliwi na ewentualne problemy techniczne, związane z wykorzystywaniem technologii?
- nie
 - w niewielkim stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w bardzo istotnym stopniu
- F28. Czy potencjalni odbiorcy uzależniają swoje decyzje od zastosowanego w rozwiązaniach technologicznych wzornictwa?
- nie
 - w niewielkim stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w bardzo istotnym stopniu
- F29. Czy sposób przygotowania planów wprowadzania technologii na rynek pozwala przypuszczać, że będzie ona uwieńczona sukcesem?
- w bardzo istotnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w niewielkim stopniu
 - nie

F30. Jak wysoką cenę potencjalni użytkownicy będą gotowi zapłacić za technologię w stosunku do cen istniejących alternatyw?

- istotnie wyższą; albo: nie istnieją alternatywy
- wyższą
- zbliżoną
- niższą
- istotnie niższą

Kryteria dotyczące zastosowań technologii (G)

G1. Jaki jest zakres zastosowań specjalistycznych technologii?

- technologia o uniwersalnym przeznaczeniu – różne możliwe zastosowania w wielu obszarach
- fundamentalna technologia dla więcej niż jednej branży
- fundamentalna technologia dla określonej branży
- technologia mająca pojedyncze, specyficzne zastosowania
- trudno określić

G2. Jaki jest stopień złożoności technologii?

- technologia stanowiąca podstawę do budowy rozwiązania systemowego i dalszych zakupów komponentów technologicznych przez odbiorcę
- technologia wykorzystywana samodzielnie
- technologia nadająca się do wykorzystania w powiązaniu z innymi rozwiązaniami, składnikami większego rozwiązania systemowego
- technologia możliwa do wykorzystania wyłącznie w powiązaniu z innymi rozwiązaniami
- trudno określić

G3. Jaka jest przewidywana intensywność stosowania technologii?

- użytkownik potrzebuje więcej niż jednej sztuki rozwiązania technologicznego
- użytkownik jest zmuszony do wielokrotnych, powtarzalnych zakupów rozwiązania technologicznego
- użytkownik może dokonywać wielokrotnych, powtarzalnych zakupów rozwiązania technologicznego
- użytkownik dokona tylko jednokrotnego zakupu rozwiązania technologicznego
- trudno określić

G4. Jakie są możliwości sprzedaży rozwiązań uzupełniających technologię (m.in. części zamiennych, produktów komplementarnych, usług serwisowych)?

- bardzo duże
- duże
- średnie
- małe
- bardzo małe

- G5. Jaka jest przydatność technologii w większych rozwiązaniach systemowych?
- rozwiązanie systemowe opiera się na technologii
 - technologia jest niezastąpiona i niezbędna do wytworzenia/wdrożenia kolejnych komponentów rozwiązania systemowego
 - technologia jest przydatna do wytworzenia/wdrożenia kolejnych komponentów rozwiązania systemowego
 - technologia nie jest niezbędna do wytworzenia/wdrożenia kolejnych komponentów rozwiązania systemowego i może być zastąpiona
 - trudno określić
- G6. Czego głównie dotyczą korzyści związane ze stosowaniem technologii?
- uzyskania przez użytkownika nowych i dotychczas nierozpatrywanych możliwości, w tym dodatkowych korzyści finansowych
 - uzyskania przez użytkownika nowych i dotychczas nierozpatrywanych możliwości, niezwiązanych bezpośrednio z uzyskaniem dodatkowych korzyści finansowych
 - rozwiązania przez użytkownika istotnych dla niego problemów, co może przynieść dodatkowe korzyści finansowe
 - rozwiązania przez użytkownika problemów, niezwiązanego bezpośrednio z uzyskaniem dodatkowych korzyści finansowych
 - trudno określić

Kryteria techniczne (H)

- H1. Jak dojrzała jest technologia²?
- technologia jest wdrożona i pomyślnie wykorzystywana przez użytkowników końcowych
 - technologia została poddana rozległym testom w środowisku, w którym będzie wykorzystywana
 - technologia została poddana testom w środowisku analogicznym do tego, w którym ma być wykorzystywana
 - technologia została poddana testom w warunkach laboratoryjnych
 - nie przeprowadzono testów technologii – istnieje prototyp, koncepcja lub podstawowe założenia
- H2. Jaki jest przewidywany sposób wdrożenia technologii?
- wykorzystanie technologii do stworzenia/udoskonalenia powtarzalnych produktów końcowych
 - wykorzystanie technologii do stworzenia/udoskonalenia jednostkowych, niepowtarzalnych rozwiązań

² Zamiast oryginalnej skali Technology Readiness Level, złożonej z 9 pozycji, zaproponowano uproszczenie, polegające na eliminacji najmniej dojrzałych wariantów. Jest to możliwe w związku z zakładanymi uwarunkowaniami procesu rankingowania, któremu poddawane będą już istniejące rozwiązania technologiczne.

- wykorzystanie technologii do stworzenia/udoskonalenia materiału/komponentu dla produktu końcowego
 - wykorzystanie technologii do stworzenia/udoskonalenia linii produkcyjnej
 - wykorzystanie technologii do wzbogacenia działalności badawczo-rozwojowej
- H3. Czy plany rozwoju i wdrażania technologii można ocenić jako realistyczne, mogące doprowadzić do pomyślnego zakończenia?
- w bardzo istotnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w niewielkim stopniu
 - nie; albo: nie istnieją skonkretyzowane plany
- H4. Czy prawdopodobne jest wystąpienie poważnych problemów technicznych w projekcie rozwoju technologii i opartych na niej produktów?
- nie
 - w niewielkim stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w bardzo istotnym stopniu
- H5. Jak skomplikowana jest technologia?
- bardzo wysoki stopień komplikacji, uniemożliwiający skopiowanie technologii nawet po wejściu w posiadanie egzemplarza rozwiązania i poddaniu go odwrotnej inżynierii
 - wysoki stopień komplikacji, uniemożliwiający skopiowanie technologii na podstawie testów rozwiązania i lektury dokumentacji technicznej użytkownika
 - średni stopień komplikacji, pozwalający na skopiowanie technologii na podstawie obserwacji rozwiązania
 - niski stopień komplikacji, pozwalający na skopiowanie technologii na podstawie lektury materiałów promujących rozwiązanie lub poznania podstawowej zasady działania
 - technologia jest bardzo prosta i może być skopiowana na podstawie obserwacji
- H6. Jak skomplikowana jest dokumentacja techniczna dotycząca rozwoju technologii?
- nie istnieje spisana dokumentacja techniczna dotycząca rozwoju technologii, cała wiedza na jej temat posiadana jest przez pracowników organizacji-dostawcy
 - dokumentacja techniczna dotycząca rozwoju technologii jest niezrozumiała dla osób spoza organizacji-dostawcy
 - dokumentacja techniczna dotycząca rozwoju technologii jest przygotowana w sposób zrozumiały dla specjalistów dziedzinowych
 - dokumentacja techniczna dotycząca rozwoju technologii jest przygotowana w sposób zrozumiały dla laików
 - znaczącą część dokumentacji technicznej dotyczącej rozwoju technologii stanowią materiały ogólnodostępne, przygotowane przez inne podmioty

- H7. Jaka jest faza cyklu życia technologii?
- technologia innowacyjna, rozpoczynająca cykl życia – ma znaczący potencjał dalszego rozwoju
 - technologia w fazie dynamicznego rozwoju
 - technologia w fazie powszechnego stosowania na rynku
 - technologia dojrzała w fazie schyłkowej
 - technologia przestarzała – nie ma potencjału dalszego rozwoju
- H8. Jaki jest potencjał dalszego doskonalenia technologii?
- jest możliwe istotne udoskonalenie wydajności obecnej wersji technologii
 - jest możliwe udoskonalenie wydajności obecnej wersji technologii
 - jest możliwe nieznaczne udoskonalenie wydajności obecnej wersji technologii
 - ewentualne doskonalenie technologii będzie dotyczyć cech o niewielkim znaczeniu dla odbiorców
 - nie jest możliwe dalsze udoskonalenie obecnej wersji technologii; albo: nie wiadomo
- H9. Jakie są potwierdzenia sposobów funkcjonowania technologii?
- technologia posiada niezależne oceny lub potwierdzenia zgodności ze standardami technicznymi i została wdrożona przez co najmniej kilku klientów na pełną skalę techniczną
 - technologia ma niezależne oceny lub potwierdzenia zgodności ze standardami technicznymi i została wdrożona przez jednego klienta na pełną skalę techniczną
 - technologia nie ma niezależnych ocen lub potwierdzenia zgodności ze standardami technicznymi, ale została wdrożona przez jednego klienta na pełną skalę techniczną
 - technologia ma niezależne oceny lub potwierdzenia zgodności ze standardami technicznymi, ale nie została jeszcze wdrożona przez żadnego klienta na pełną skalę techniczną
 - technologia nie ma niezależnych oceny lub potwierdzeń zgodności ze standardami technicznymi, ani nie została jeszcze wdrożona przez żadnego klienta na pełną skalę techniczną
- H10. Ile czasu upłynęło od momentu wprowadzenia ostatnich istotnych zmian do podanej analizie wersji technologii?
- okres krótszy niż pół roku
 - od pół roku do roku
 - od 1 roku do 2 lat
 - od 2 lata do 5 lat
 - powyżej 5 lat
- H11. Jaki czas jest potrzebny na komercyjne wdrożenie technologii
- technologia jest już wdrożona; albo: do pół roku
 - od pół roku do roku

- od 1 roku do 2 lat
 - od 2 lat do 5 lat
 - powyżej 5 lat
- H12. Jaki jest harmonogram rozwoju i wprowadzania na rynek technologii w stosunku do ewentualnych planów konkurentów?
- konkurenci nie zajmują się analogicznymi technologiami
 - harmonogram pozwala na wyprzedzenie ewentualnych planów konkurentów
 - harmonogram jest zbliżony do planów konkurentów
 - harmonogram jest opóźniony w stosunku do planów konkurentów
 - konkurenci już wprowadzili na rynek analogiczne technologie
- H13. Czy wdrożenie i wykorzystywanie technologii są uzależnione od podpisania umów licencyjnych?
- nie są potrzebne żadne umowy licencyjne, technologia nie wykorzystuje zewnętrznych komponentów
 - odrębnie negocjowane umowy licencyjne nie są potrzebne, technologia wykorzystuje standardowe, ogólnodostępne komponenty
 - konieczne jest podpisanie pojedynczych umów licencyjnych
 - konieczność podpisania wielu umów licencyjnych
 - konieczność podpisania umowy licencyjnej z konkurentem
- H14. Czy istnieją ograniczenia w sprzedaży międzynarodowej technologii ze względu na podpisane umowy licencyjne?
- nie podpisano żadnych umów licencyjnych, technologia nie wykorzystuje zewnętrznych komponentów
 - nie podpisano żadnych umów licencyjnych, technologia wykorzystuje standardowe, ogólnodostępne komponenty
 - podpisane umowy licencyjne nie ograniczają możliwości sprzedaży technologii poza Polską
 - podpisane umowy licencyjne lub wykorzystywane komponenty ograniczają możliwość sprzedaży technologii poza Polską
 - podpisane umowy licencyjne lub wykorzystywane komponenty uniemożliwiają sprzedaż technologii poza Polską
- H15. Czy wdrożenie i wykorzystywanie technologii są uzależnione od zastosowania trudno dostępnych materiałów?
- wszystkie niezbędne materiały są dostępne bez ograniczeń
 - niektóre z niezbędnych materiałów są dostępne w ograniczonym zakresie
 - wiele z niezbędnych materiałów jest dostępnych w ograniczonym zakresie
 - technologia jest uzależniona od wykorzystania materiału, dostępnego wyłącznie z jednego źródła dostaw
 - niezbędny materiał nie jest obecnie dostępny

H16. Czy możliwe jest wykorzystanie obecnych urządzeń i umiejętności związanych z procesem produkcyjnym?

- wykorzystanie technologii jest możliwe bez wprowadzania zmian w obecnym procesie produkcyjnym
- wykorzystanie technologii wymaga tylko niewielkich zmian w procesie produkcyjnym
- wykorzystanie technologii wymaga zmian w procesie produkcyjnym
- wykorzystanie technologii wymaga znaczących zmian w procesie produkcyjnym
- wykorzystanie technologii wymaga zupełnie nowego procesu produkcyjnego

H17. Czy rozwój i wytwarzanie rozwiązania są uzależnione od innych kluczowych produktów lub usług, które nie są pod bezpośrednią kontrolą organizacji?

- nie
- w niewielkim stopniu
- w pewnym stopniu
- w istotnym stopniu
- w bardzo istotnym stopniu

H18. Czy technologia lub produkt na niej oparty mogą uzupełniać obecnie dostępne na rynku rozwiązania?

- w bardzo istotnym stopniu
- w istotnym stopniu
- w pewnym stopniu
- w niewielkim stopniu
- nie

Kryteria dotyczące technologii produkcyjnych (I)

I1. Jaka część obecnego poziomu produkcji może być utrzymana bez wykorzystania technologii?

- od 0% do 10%
- od 10 do 25%
- od 25% do 50%
- od 50% do 75%
- od 75% do 100%

I2. Jakie są niezbędne koszty dalszego rozwoju i wdrażania technologii³?

- bardzo niskie
- niskie

³ Stosowanie ocen względnych zamiast porównywania bezwzględnych wartości może być dogodne w przypadku oceny, rankingowania i selekcji technologii, dla których brakuje rzetelnych danych empirycznych dotyczących kosztów wdrożenia i eksploatacji. W miarę możliwości wskazane byłoby oparcie oceny na porównaniu wartości liczbowych.

- średnie
 - wysokie
 - bardzo wysokie
- I3. Jak zmieniają się jednostkowe koszty produkcji po wdrożeniu technologii?
- znaczący spadek
 - niewielki spadek
 - brak zmian
 - niewielki wzrost
 - znaczący wzrost
- I4. Jak zmieni się poziom zatrudnienia na stanowiskach, zajmujących się obsługą, wsparciem i zarządzaniem procesem produkcyjnym po wdrożeniu technologii?
- znaczący spadek
 - niewielki spadek
 - brak zmian
 - niewielki wzrost
 - znaczący wzrost
- I5. Po wdrożeniu technologii, jaka będzie niezbędna skala regularnych inwestycji w nowe urządzenia produkcyjne w porównaniu do obecnego poziomu nakładów inwestycyjnych?
- znacząco niższa niż dotychczas
 - niższa niż dotychczas
 - na podobnym poziomie
 - wyższa niż dotychczas
 - znacząco wyższa niż dotychczas

Kryteria dotyczące ochrony patentowej (J)

- J1. Czy technologia nadaje się do ochrony prawnej?
- w drodze pełnej ochrony patentowej
 - w drodze ograniczonej ochrony patentowej (ze względu na ujawnienie części technologii lub wykorzystanie istotnych komponentów od dostawców zewnętrznych)
 - w drodze ograniczonej ochrony patentowej (ze względu na dopuszczalność patentowania w krajach innych niż Polska i niedopuszczalność patentowania w Polsce lub trudność egzekwowania niektórych zastrzeżeń patentowych)
 - w drodze utajnienia, ochrony know-how i ochrony dokumentacji w oparciu o przepisy prawa autorskiego
 - ochrona nie jest już możliwa
- J2. Jak długo będzie obowiązywać ochrona patentowa technologii?
- powyżej 10 lat
 - 5 do 10 lat

- 2 do 5 lat
 - poniżej 2 lat
 - technologia nie jest chroniona patentem
- J3. Jak szeroko sformułowano zastrzeżenia w patencie dotyczącym technologii?
- zastrzeżenia patentowe dotyczą ogólnych zasad funkcjonowania
 - zastrzeżenia patentowe są szerokie
 - zastrzeżenia patentowe są przeciętne
 - zastrzeżenia patentowe są wąskie
 - technologia nie jest chroniona patentem
- J4. Jaki jest zakres terytorialny ochrony patentowej technologii?
- wszystkie potencjalnie istotne rynki międzynarodowe
 - większość potencjalnie istotnych rynków międzynarodowych
 - kilka rynków międzynarodowych
 - pojedynczy rynek krajowy
 - technologia nie jest chroniona patentem
- J5. Czy przeprowadzono badania czystości patentowej technologii?
- zlecono zewnętrznym konsultantom przeprowadzenie analiz, które wykazały, że technologia nie narusza patentów innych podmiotów
 - pracownicy organizacji-dostawcy samodzielnie przeprowadzili analizy, które wykazały, że technologia nie narusza patentów innych podmiotów
 - nie przeprowadzono formalnych analiz czystości patentowej, ale istnieje uzasadnione przekonanie, że technologia nie narusza patentów innych podmiotów
 - nie analizowano, czy technologia nie narusza patentów innych podmiotów
 - technologia w obecnej wersji narusza patenty innych podmiotów
- J6. Czy produkty imitujące są łatwe do wytworzenia?
- technologia złożona, bardzo trudna do kopiowania i wytwarzania
 - technologia złożona, trudna do kopiowania i wytwarzania
 - technologia niezbyt trudna do rozpoznania, kopiowania i wytwarzania
 - technologia łatwa do kopiowania i wytwarzania pod warunkiem, że uda się ją rozpoznać
 - technologia łatwa do rozpoznania, kopiowania i wytwarzania
- J7. Czy łatwo jest wykryć produkty imitujące?
- bardzo łatwo
 - łatwo
 - niezbyt trudno
 - trudno, lecz nie jest to niemożliwe
 - bardzo trudno

- J8. Jakie doświadczenia ma organizacja-dostawca w stosowaniu ochrony prawnej technologii?
- organizacja ma bogate doświadczenia w ochronie prawnej technologii, w tym liczne patenty polskie i zagraniczne
 - organizacja ma doświadczenia w ochronie prawnej technologii, w tym liczne patenty polskie
 - organizacja ma pewne doświadczenia w ochronie prawnej technologii, w tym patenty
 - organizacja ma ograniczone doświadczenia w ochronie prawnej technologii, w tym pojedyncze patenty
 - organizacja nie ma doświadczeń w ochronie prawnej technologii
- J9. Czy organizacja-dostawca dysponuje możliwościami sfinansowania ochrony patentowej technologii?
- na wielu rynkach międzynarodowych
 - na kilku rynkach międzynarodowych
 - na 2–3 rynkach międzynarodowych
 - wyłącznie na rynku krajowym
 - brak możliwości sfinansowania ochrony patentowej

Kryteria społeczne i etyczne (K)

- K1. Czy upowszechnienie się technologii przyniesie wymierne korzyści społeczne?
- w bardzo istotnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w niewielkim stopniu
 - nie
- K2. Czy upowszechnienie technologii przyczyni się do powstania nowych miejsc pracy?
- w bardzo istotnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w niewielkim stopniu
 - nie
- K3. Czy upowszechnienie technologii przyczyni się do rozwoju krajowej gałęzi przemysłu (w tym również firm innych niż organizacja-dostawca)?
- w bardzo istotnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w niewielkim stopniu
 - nie

- K4. Czy upowszechnienie się technologii przyniesie wymierne korzyści dla zdrowia ludzi i jakości życia ludzkiego?
- w bardzo istotnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w niewielkim stopniu
 - nie
- K5. Czy upowszechnienie się technologii przyniesie korzyści estetyczne (np. walory krajobrazowe lub zapachowe)?
- w bardzo istotnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w niewielkim stopniu
 - nie
- K6. Czy upowszechnienie się technologii przyniesie wymierne korzyści w zakresie poprawy wizerunku gospodarki narodowej?
- w bardzo istotnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w niewielkim stopniu
 - nie
- K7. Czy upowszechnienie się technologii przyniesie wymierne korzyści w zakresie stworzenia standardu branżowego?
- w bardzo istotnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w niewielkim stopniu
 - nie
- K8. Czy ze względu na oczekiwane korzyści dostarczane przez technologię, instytucje publiczne mogą zdecydować się na wspieranie jej upowszechniania?
- w bardzo istotnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w niewielkim stopniu
 - nie
- K9. Czy ze względu na oczekiwane korzyści dostarczane przez technologię, organizacje ekologiczne mogą zdecydować się na wspieranie jej upowszechniania?
- w bardzo istotnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w pewnym stopniu

- w niewielkim stopniu
 - nie
- K10. Czy ze względu na oczekiwane korzyści dostarczane przez technologię, organizacje pozarządowe inne niż organizacje ekologiczne mogą zdecydować się na wspieranie jej upowszechniania?
- w bardzo istotnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w niewielkim stopniu
 - nie
- K11. Czy ze względu na oczekiwane korzyści dostarczane przez technologię, inni znaczący interesariusze mogą zdecydować się na wspieranie jej upowszechniania?
- w bardzo istotnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w niewielkim stopniu
 - nie
- K12. Czy upowszechnienie się technologii może być źródłem problemów społecznych?
- nie
 - w niewielkim stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w bardzo istotnym stopniu
- K13. Czy upowszechnienie się technologii może bezpośrednio prowadzić do naruszeń powszechnie obowiązujących norm moralnych lub przepisów prawa?
- nie
 - w niewielkim stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w bardzo istotnym stopniu
- K14. Czy upowszechnienie się technologii może być źródłem problemów dla zdrowia ludzi lub jakości życia ludzkiego?
- nie
 - w niewielkim stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w bardzo istotnym stopniu

- K15. Czy upowszechnienie się technologii może być źródłem problemów estetycznych (związanych np. z uciążliwościami krajobrazowymi lub zapachowymi)?
- nie
 - w niewielkim stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w bardzo istotnym stopniu
- K16. Czy rozwój i wytwarzanie technologii mogą być źródłem zagrożenia chorobowego dla pracowników organizacji?
- nie
 - w niewielkim stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w bardzo istotnym stopniu
- K17. Czy wykorzystywanie technologii może być źródłem zagrożenia chorobowego dla pracowników organizacji?
- nie
 - w niewielkim stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w bardzo istotnym stopniu
- K18. Czy utylizacja technologii może być źródłem zagrożenia chorobowego dla pracowników organizacji?
- nie
 - w niewielkim stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w bardzo istotnym stopniu
- K19. Czy rozwój i wytwarzanie technologii mogą być źródłem zagrożenia chorobowego dla osób, niebędących pracownikami organizacji (interesariuszy)?
- nie
 - w niewielkim stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w bardzo istotnym stopniu
- K20. Czy wykorzystywanie technologii może być źródłem zagrożenia chorobowego dla osób, niebędących pracownikami organizacji (interesariuszy)?
- nie
 - w niewielkim stopniu

- w pewnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w bardzo istotnym stopniu
- K21. Czy użycie technologii może być źródłem zagrożenia chorobowego dla osób niebędących pracownikami organizacji (interesariuszy)?
- nie
 - w niewielkim stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w bardzo istotnym stopniu
- K22. Czy upowszechnienie się technologii może być źródłem problemów dla prywatności potencjalnych użytkowników lub innych osób?
- nie
 - w niewielkim stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w bardzo istotnym stopniu
- K23. Czy upowszechnienie się technologii może być źródłem problemów dotyczących dyskryminacji, braku równości lub zaburzeń w stosowaniu zasad sprawiedliwości społecznej?
- nie
 - w niewielkim stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w bardzo istotnym stopniu
- K24. Czy upowszechnianie technologii jest zgodne z założeniami polityk kraju (w tym polityki innowacyjnej, ekologicznej i rozwoju regionalnego), w szczególności ich celami i priorytetowymi obszarami?
- w bardzo istotnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w niewielkim stopniu
 - nie

Kryteria ekologiczne (L)

- L1. Czy upowszechnienie się technologii przyniesie wymierne korzyści w zakresie ochrony środowiska?
- w bardzo istotnym stopniu
 - w istotnym stopniu

- w pewnym stopniu
 - w niewielkim stopniu
 - nie
- L2. Czy upowszechnienie się technologii przyniesie wymierne korzyści w zakresie podwyższenia poziomu bezpieczeństwa w przemyśle?
- w bardzo istotnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w niewielkim stopniu
 - nie
- L3. Czy upowszechnienie się technologii może być źródłem problemów ekologicznych?
- nie
 - w niewielkim stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w bardzo istotnym stopniu
- L4. Czy wytwarzanie technologii lub opartego na niej produktu może być postrzegane jako nieefektywne wykorzystanie zasobów naturalnych (w tym wody) w procesie wytwórczym?
- nie
 - w niewielkim stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w bardzo istotnym stopniu
- L5. Czy użytkowanie technologii lub opartego na niej produktu może być postrzegane jako nieefektywne wykorzystanie zasobów naturalnych (w tym wody) w procesie użytkowania?
- nie
 - w niewielkim stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w bardzo istotnym stopniu
- L6. Czy utylizacja technologii lub opartego na niej produktu może być postrzegana jako nieefektywne wykorzystanie zasobów naturalnych (w tym wody) w procesie utylizacji?
- nie
 - w niewielkim stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w bardzo istotnym stopniu

- L7. Czy wytwarzanie technologii lub opartego na niej produktu może być postrzegane jako nieefektywne wykorzystanie energii w procesie wytwórczym?
- nie
 - w niewielkim stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w bardzo istotnym stopniu
- L8. Czy użytkowanie technologii lub opartego na niej produktu może być postrzegane jako nieefektywne wykorzystanie energii w procesie użytkowania?
- nie
 - w niewielkim stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w bardzo istotnym stopniu
- L9. Czy użycie technologii lub opartego na niej produktu może być postrzegane jako nieefektywne wykorzystanie energii w procesie użycia?
- nie
 - w niewielkim stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w bardzo istotnym stopniu
- L10. Czy wytwarzanie technologii lub opartego na niej produktu może być postrzegane jako źródło obciążających środowisko naturalne emisji i odpadów⁴ z procesu wytwórczego?
- nie
 - w niewielkim stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w bardzo istotnym stopniu
- L11. Czy użytkowanie technologii lub opartego na niej produktu może być postrzegane jako źródło obciążających środowisko naturalne emisji i odpadów z procesu użytkowania?
- nie
 - w niewielkim stopniu
 - w pewnym stopniu

⁴ Możliwe jest również wyodrębnienie bardziej szczegółowych kryteriów dotyczących: emisji gazów określonego rodzaju (m.in. związki siarki, związki azotu, emisja metali ciężkich i dwutlenku węgla), składu ścieków przemysłowych i odpadów przemysłowych. Prawdopodobnie nie będzie to jednak potrzebne do rankingowania technologii – gdyby jedno z tych szczegółowych kryteriów nie zostało spełnione, ocena technologii z punktu widzenia emisji i odpadów będzie negatywna.

- w istotnym stopniu
 - w bardzo istotnym stopniu
- L12. Czy utylizacja technologii lub opartego na niej produktu może być postrzegana jako źródło obciążających środowisko naturalne emisji i odpadów z procesu utylizacji?
- nie
 - w niewielkim stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w bardzo istotnym stopniu
- L13. Czy wytwarzanie technologii lub opartego na niej produktu może być postrzegane jako źródło wzrostu zagrożenia wystąpieniem wypadków lub awarii⁵ w procesie wytwórczym?
- nie
 - w niewielkim stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w bardzo istotnym stopniu
- L14. Czy użytkowanie technologii lub opartego na niej produktu może być postrzegane jako źródło wzrostu zagrożenia wystąpieniem wypadków lub awarii w procesie użytkowania?
- nie
 - w niewielkim stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w bardzo istotnym stopniu
- L15. Czy utylizacja technologii lub opartego na niej produktu może być postrzegana jako źródło wzrostu zagrożenia wystąpieniem wypadków lub awarii w procesie utylizacji?
- nie
 - w niewielkim stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w bardzo istotnym stopniu
- L16. Czy wytwarzanie technologii lub opartego na niej produktu wymaga wykorzystania niebezpiecznych substancji w procesie wytwórczym?
- nie

⁵ Możliwe jest też wprowadzenie kryteriów szczegółowych, rozróżniających zagrożenie wypadkowe na terenach, kontrolowanych przez inwestora, oraz na terenach, które nie stanowią jego własności/do których nie posiada tytułu prawnego (tj. zagrożenie dla interesariuszy). Dla rankingowania technologii nie wydaje się to jednak niezbędne – oba przypadki będą w analogiczny sposób wpływać na ewentualną negatywną ocenę technologii.

- w niewielkim stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w bardzo istotnym stopniu
- L17. Czy użytkowanie technologii lub opartego na niej produktu wymaga wykorzystania niebezpiecznych substancji w procesie użytkowania?
- nie
 - w niewielkim stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w bardzo istotnym stopniu
- L18. Czy użycie technologii lub opartego na niej produktu wymaga wykorzystania niebezpiecznych substancji w procesie użycia?
- nie
 - w niewielkim stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w bardzo istotnym stopniu
- L19. Czy wytwarzanie technologii lub opartego na niej produktu przyczyni się do oszczędności zasobów naturalnych (w tym wody) w procesie wytwórczym w porównaniu z wytwarzaniem dotychczas stosowanych alternatyw?
- w bardzo istotnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w niewielkim stopniu
 - nie
- L20. Czy użytkowanie technologii lub opartego na niej produktu przyczyni się do oszczędności zasobów naturalnych (w tym wody) w procesie użytkowania w porównaniu z użytkowaniem dotychczas stosowanych alternatyw?
- w bardzo istotnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w niewielkim stopniu
 - nie
- L21. Czy użycie technologii lub opartego na niej produktu przyczyni się do oszczędności zasobów naturalnych (w tym wody) w procesie użycia w porównaniu z użyciem dotychczas stosowanych alternatyw?
- w bardzo istotnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w pewnym stopniu

- w niewielkim stopniu
 - nie
- L22. Czy wytwarzanie technologii lub opartego na niej produktu przyczyni się do oszczędności energii w procesie wytwórczym w porównaniu z wytwarzaniem dotychczas stosowanych alternatyw?
- w bardzo istotnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w niewielkim stopniu
 - nie
- L23. Czy użytkowanie technologii lub opartego na niej produktu przyczyni się do oszczędności energii w procesie użytkowania w porównaniu z użytkowaniem dotychczas stosowanych alternatyw?
- w bardzo istotnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w niewielkim stopniu
 - nie
- L24. Czy użycie technologii lub opartego na niej produktu przyczyni się do oszczędności energii w procesie użycia w porównaniu z użyciem dotychczas stosowanych alternatyw?
- w bardzo istotnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w niewielkim stopniu
 - nie
- L25. Czy wytwarzanie technologii lub opartego na niej produktu przyczyni się do redukcji obciążających środowisko naturalne emisji i odpadów z procesu wytwórczego w porównaniu z wytwarzaniem dotychczas stosowanych alternatyw?
- w bardzo istotnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w niewielkim stopniu
 - nie
- L26. Czy użytkowanie technologii lub opartego na niej produktu przyczyni się do redukcji obciążających środowisko naturalne emisji i odpadów z procesu użytkowania w porównaniu z użytkowaniem dotychczas stosowanych alternatyw?
- w bardzo istotnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w pewnym stopniu

- w niewielkim stopniu
 - nie
- L27. Czy użycie technologii lub opartego na niej produktu przyczyni się do redukcji obciążających środowisko naturalne emisji i odpadów z procesu użycia w porównaniu z użyciem dotychczas stosowanych alternatyw?
- w bardzo istotnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w niewielkim stopniu
 - nie
- L28. Czy wytwarzanie technologii lub opartego na niej produktu przyczyni się do redukcji zagrożenia wystąpieniem wypadków lub awarii w procesie wytwórczym w porównaniu z wytwarzaniem dotychczas stosowanych alternatyw?
- w bardzo istotnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w niewielkim stopniu
 - nie
- L29. Czy użycie technologii lub opartego na niej produktu przyczyni się do redukcji zagrożenia wystąpieniem wypadków lub awarii w procesie użytkowania w porównaniu z użytkowaniem dotychczas stosowanych alternatyw?
- w bardzo istotnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w niewielkim stopniu
 - nie
- L30. Czy użycie technologii lub opartego na niej produktu przyczyni się do redukcji zagrożenia wystąpieniem wypadków lub awarii w procesie użycia w porównaniu z użyciem dotychczas stosowanych alternatyw?
- w bardzo istotnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w niewielkim stopniu
 - nie
- L31. Czy wytwarzanie technologii lub opartego na niej produktu pozwoli na zmniejszenie ilości niebezpiecznych substancji w procesie wytwórczym w porównaniu z wytwarzaniem dotychczas stosowanych alternatyw?
- w bardzo istotnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w pewnym stopniu

- w niewielkim stopniu
 - nie
- L32. Czy użytkowanie technologii lub opartego na niej produktu pozwoli na zmniejszenie ilości niebezpiecznych substancji w procesie użytkowania w porównaniu z użytkowaniem dotychczas stosowanych alternatyw?
- w bardzo istotnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w niewielkim stopniu
 - nie
- L33. Czy utylizacja technologii lub opartego na niej produktu pozwoli na zmniejszenie ilości niebezpiecznych substancji w procesie utylizacji w porównaniu z utylizacją dotychczas stosowanych alternatyw?
- w bardzo istotnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w niewielkim stopniu
 - nie
- L34. Czy wytwarzanie technologii lub opartego na niej produktu pozwoli na wykorzystanie surowców wtórnych w procesie wytwórczym?
- w bardzo istotnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w niewielkim stopniu
 - nie
- L35. Czy użytkowanie technologii lub opartego na niej produktu pozwoli na wykorzystanie surowców wtórnych w procesie użytkowania?
- w bardzo istotnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w niewielkim stopniu
 - nie
- L36. Czy utylizacja technologii lub opartego na niej produktu pozwoli na odzyskiwanie cennych surowców wtórnych w procesie utylizacji?
- w bardzo istotnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w niewielkim stopniu
 - nie

- L37. Czy wytwarzanie technologii lub opartego na niej produktu pozwoli na zwiększenie wykorzystania surowców wtórnych w procesie wytwórczym w porównaniu z wytwarzaniem dotychczas stosowanych alternatyw?
- w bardzo istotnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w niewielkim stopniu
 - nie
- L38. Czy użytkowanie technologii lub opartego na niej produktu pozwoli na zwiększenie wykorzystania surowców wtórnych w procesie użytkowania w porównaniu z użytkowaniem dotychczas stosowanych alternatyw?
- w bardzo istotnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w niewielkim stopniu
 - nie
- L39. Czy utylizacja technologii lub opartego na niej produktu pozwoli na odzyskiwanie większych ilości cennych surowców wtórnych w procesie utylizacji w porównaniu z utylizacją dotychczas stosowanych alternatyw?
- w bardzo istotnym stopniu
 - w istotnym stopniu
 - w pewnym stopniu
 - w niewielkim stopniu
 - nie

Bibliografia

- Ahn T., Charnes A., Cooper W.W. (1998): *Some statistical and DEA evaluations of relative efficiencies of public and private institutions of higher learning*, Socio-Economic Planning Sciences, nr 22, 6, s. 259–260.
- Aho E., red. (2006): *Creating an Innovative Europe*, Report of the Independent Expert Group on R&D and Innovation. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, http://ec.europa.eu/invest-in-research/pdf/download_en/aho_report.pdf [30.03.2013].
- Alonso J.A., Lamata T. (2006): *Consistency in the Analytic Hierarchy Process: A New Approach*, International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems, nr 14, 4, s. 445–459.
- Alptekin E., Yalcinyigit D., Alptekin G. (2009): *Evaluation of Risks in New Product Innovation*, World Academy of Science, Engineering and Technology, nr 54, s. 1157–1161.
- Avkiran N.K. (2001): *Investigating technical and scale efficiencies of Australian universities through Data Envelopment Analysis*, Socio-Economic Planning Sciences, nr 35, s. 57–80.
- Azzone G., Manzini R. (2008): *Quick and dirty technology assessment: The case of an Italian research centre*, Technological Forecasting & Social Change, nr 75, s. 1324–1338.
- Barbieri M., Hawkins N., Sculpher M. (2009): *Who does the numbers? The role of third-party technology assessment to inform health systems' decision-making about the funding of health technologies*, Value in Health, nr 12, 2, s. 193–201.
- Bellman R.E., Zadeh L.A. (1970): *Decision making in a fuzzy environment*, Management Science, nr 17, s. 141–164.
- Belton V., Gear A.E. (1983): *On a short-coming of Saaty's method of analytic hierarchies*, Omega, nr 11, s. 228–230.
- Białoń L. (1982): *Kompleksowa analiza i ocena poziomu techniczno-ekonomicznego produkcji przemysłowej*, Ekonomika i Organizacja Pracy, nr 8–9.
- Białoń L. (2011): *Wsparcie marketingowe*, w: Jasiński A.H. (red.): *Zarządzanie wynikami badań naukowych. Poradnik dla innowatorów*, Wydawnictwo Naukowe Wydziału Zarządzania Uniwersytetu Warszawskiego i Instytutu Technologii Eksploatacji, Warszawa–Radom.
- Białoń L., Obrębski T., red. (1989): *Nauka i technika w rozwoju społeczno-gospodarczym*, PWN, Warszawa.
- Bijker W.E., Hughes T.P., Pinch T., red. (1989): *The Social Construction of Technological Systems: New directions in the sociology and history of technology*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, London.
- Branscomb L.M. (1993): *Empowering technology. Implementing a U.S. strategy*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts and London.
- Braun E. (1980): *Government policies for the stimulation of technological innovation*, University of Aston, Birmingham.

- Breiman L., Friedman J.H., Olsen R.A., Stone C.J. (1984): *Classification and regression trees*, Wadsworth, Belmont, CA.
- Brenner M.S. (1994): *Practical R&D project prioritization*, Research Technology Management, nr 37, 5, s. 38–42.
- Britt B.L., Berry M.W., Browne M., Merrell M.A., Kolpack J. (2008): *Document classification techniques for automated Technology Readiness Level analysis*, Journal of the American Society for Information Science and Technology, nr 59, 4, s. 675–680.
- Brown T. (2008): *Design thinking*, Harvard Business Review, nr 86, 6, s. 84–92.
- Burgelman R.A., Maidique M.A., Wheelwright S.C. (1995): *Strategic management of technology and innovation*, Irwin, Chicago.
- Chan F.T.S., Chan M.H., Tang N.K.H. (2000): *Evaluation methodologies for technology selection*, Journal of Materials Processing Technology, nr 107, s. 330–337.
- Chang D.Y. (1992): *Extent analysis and synthetic decision, optimization techniques and applications*, World Scientific, Singapore.
- Chang Y.H., Chen H.H. (1998): *Comparison of the fuzzy theory and grey decision method*, Transportation Planning Journal, nr 27, 4, s. 637–668.
- Charnes A., Cooper W.W., Rhodes E. (1978): *Measuring the efficiency of Decision Making Units*, European Journal of Operational Research, nr 12, 6, s. 429–444..
- Chen Ch.-J., Chung M.-Ch., Wei Ch.-H. (2006): *Government policy of technology selection for advanced traveller information systems*, R&D Management, nr 36, 4, s. 439–450.
- Coates J.F. (1998): *Technology assessment as guidance to governmental management of new technologies in developing countries*, Technological Forecasting and Social Change, nr 58, s. 35–46.
- Coates V., Farooque M., Klavans R., Lapid K., Linstone H.A., Pistorius C., Porter A.L. (2001): *On the future of technological forecasting*, Technological Forecasting and Social Change, nr 67, s. 9, s. 1–17.
- Cohen W.D., Levinthal D.A. (1990): *Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation*, Administrative Science Quarterly, nr 35, s. 128–152.
- Coombs R., Saviotti P., Walsh V. (1987): *Economics and technical change*, Macmillan, London.
- Cooper R.G., Edgett S., Kleinschmidt E. (1999): *New product portfolio management: practice and performance*, Journal of Product Innovation Management, nr 16, 4, s. 333–351.
- Cooper R.G., Edgett S., Kleinschmidt E. (2001): *Portfolio management for new product development: results of an industry practices study*, R&D Management, nr 31, 4, s. 361–380.
- Cowan R. (1991): *Tortoises and hares: Choice among technologies of unknown merit*, The Economic Journal, nr 101, s. 801–814.
- De Coster R., Butler C. (2005): *Assessment of proposals for new technology ventures in the UK: characteristics of university spin-off companies*, Technovation, nr 25, s. 535–543.
- Department of Defense (2005): *Technology Readiness Assessment (TRA) Deskbook*, maj.
- Department of Defense (2011): *Technology Readiness Assessment (TRA) Guidance*, kwiecień.
- Dobosz M. (2001): *Wspomagana komputerowo statystyczna analiza wyników badań*, Akademicka Oficyna Wydawnicza Exit, Warszawa.
- Ellul J. (1974): *Technika – umiejscowienie zjawiska*, w: Siciński A. (red.): *Technika a społeczeństwo. Antologia*, Państwowy Instytut Wydawniczy, Warszawa.
- Ernst H., Omland N. (2011): *The Patent Asset Index – a new approach to benchmark patent portfolios*, World Patent Information, nr 33, s. 34–41.

- European Patent Office (2010): *Patent Portfolio Management with IPscore 2.2*, luty, [http://documents.epo.org/projects/babylon/eponet.nsf/0/A2A008822722C942C125755A003774C1/\\$File/IPscore_manual_en.pdf](http://documents.epo.org/projects/babylon/eponet.nsf/0/A2A008822722C942C125755A003774C1/$File/IPscore_manual_en.pdf) [30.03.2013].
- Feng Y.J., Lu H., Bi K. (2004): *An AHP/DEA method for measurement of the efficiency of R&D management activities in universities*, *International Transaction in Operational Research*, nr 11, s. 181–191.
- FORMAKIN (2010): *Foresight jako narzędzie zarządzania wiedzą i innowacją*, Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości, Warszawa.
- Forman E.H., Gass S.I. (2001): *The analytic hierarchy process – An exposition*, *Operations Research*, nr 49, 4, s. 469–486.
- GAO (United States General Accounting Office) (1999): *Best Practices. Better Management of Technology Development Can Improve Weapon System Outcomes*, GAO/NSIAD-99-162, lipiec.
- Gatnar E. (1998): *Symboliczne metody klasyfikacji danych*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Gerdsri N., Kocaoğlu D.F. (2007): *Applying the Analytic Hierarchy Process (AHP) to build a strategic framework for technology roadmapping*, *Mathematical and Computer Modelling*, nr 46, s. 1071–1080.
- Gerpott T.J. (1999): *Strategisches Technologie- und Innovationsmanagement*, Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart.
- Grabowski W. (1982): *Programowanie matematyczne*, PWE, Warszawa.
- Grudzewski W.M. (1985): *Luka techniczna i technologiczna a problemy zmian strukturalnych w gospodarce narodowej*, w: *Problemy postępu technicznego. Tom II*, Instytut Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk, Warszawa.
- Guellec D., van Pottelsberghe B. (2003): *The impact of public R&D expenditure on business R&D*, *Economics of Innovation and New Technology*, nr 3.
- Guzik B. (2009): *Podstawowe możliwości analityczne modelu CCR-DEA*, *Badania Operacyjne i Decyzje*, nr 1, s. 55–75.
- Heidegger M. (1977): *The question concerning technology and other essays*, Garland Publishing, New York–London.
- Hirooka M. (2006): *Innovation dynamism and economic growth. A non-linear perspective*, Edward Elgar, Cheltenham.
- Hsu Y.-G., Tzeng G.-H., Shyu J.Z. (2003): *Fuzzy multiple criteria selection of government-sponsored frontier technology R&D projects*, *R&D Management*, nr 33, 5, s. 539–551.
- Ishikawa A., Amagasa M., Shiga T., Tomizawa G., Tatsuta R., Mieno H. (1993): *The max-min Delhi method and fuzzy Delhi method via fuzzy integration*, *Fuzzy Sets and Systems*, nr 35, 3, s. 241–253.
- Janasz K. (2010): *Kapitał w finansowaniu działalności innowacyjnej przedsiębiorstw w Polsce*, Difin, Warszawa.
- Janasz W., red. (2006): *Zarys strategii rozwoju przemysłu*, Difin, Warszawa.
- Jasiński A.H. (2006): *Innowacje i transfer techniki w procesie transformacji*, Difin, Warszawa.
- Jiang B., Yang L., Fang J. (2008): *The evaluation of enterprises' sustainable superiority degree of technical innovation based on DEA method*, *Journal of Service Science and Management*, nr 1, s. 255–258.
- Jin H. (2007): *Optimal selection of technological innovation projects based on neuro-fuzzy decision tree*, WHICEB – Proceedings of the 6th Wuhan International Conference on E-Business, s. 2484–2491.

- Jin H., Zhao J., Chen X. (2007): *The application of neuro-fuzzy decision tree in optimal selection of technological innovation project*, SNPD – Proceedings of the 8th ACIS International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking, and Parallel/Distributed Computing, nr 3, s. 438–443.
- Jolly D.R. (2003): *The issue of weightings in technology portfolio management*, Technovation, nr 23, s. 383–391.
- Jolly D.R. (2008): *Chinese vs. European views regarding technology assessment: Convergent or divergent?* Technovation, nr 28, s. 818–830.
- Jolly V.K. (1997): *Commercializing new technologies*, Harvard Business Press, Boston.
- Jonas H. (1996): *Zasada odpowiedzialności. Etyka dla cywilizacji technologicznej*, Wydawnictwo Platan, Kraków.
- Jones E., Harrison D., McLaren J. (2001): *Managing creative eco-innovation: Structuring outputs from eco-innovation projects*, The Journal of Sustainable Product Design, nr 1, s. 27–39.
- Kacprzyk J. (2001): *Wieloetapowe sterowanie rozmyte*, WNT, Warszawa, s. 21–22.
- Kim Ch., Mauborgne R. (2005): *Strategia błękitnego oceanu*, Wydawnictwo MT Biznes, Warszawa.
- Kim K., Park K., See S. (1997): *A matrix approach for telecommunications technology selection*, Computers & Industrial Engineering, nr 33, 3–4, s. 833–836.
- Kim W., Han S.K., Oh K.J., Kim T.Y., Ahn H., Song C. (2010): *The dual analytic hierarchy process to prioritize emerging technologies*, Technological Forecasting & Social Change, nr 77, s. 566–577.
- Klincewicz K. (2008): *Polska innowacyjność*, Wydawnictwo Naukowe Wydziału Zarządzania UW, Uniwersytet Warszawski, Warszawa.
- Klincewicz K., Żemigala M., Mijal M. (2012): *Bibliometria w zarządzaniu technologiami i badaniami naukowymi*, Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, Warszawa.
- Kuehn T.J., Porter A.L., red. (1981): *Science, technology, and national policy*, Cornell University Press, Ithaca–London.
- Kukuła R. (2000): *Metoda unitaryzacji zerowej*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- La Porte T.M. (1997): *New opportunities for technology assessment in the post-OTA world*, Technological Forecasting and Social Change, nr 54, s. 199–214.
- Lee S., Yoon B., Lee Ch., Park J. (2009): *Business planning based on technological capabilities: Patent analysis for technology-driven roadmapping*, Technological Forecasting & Social Change, nr 76, s. 769–786.
- Li C., Liu F., Tan X., Du Y. (2010): *A methodology for selecting a green technology portfolio based on synergy*, International Journal of Production Research, nr 24, 15, s. 7289–7302.
- Liao P., Witsil A. (2008): *A practical guide to opportunity assessment methods*, RTI Press, Research Triangle Park, NC.
- Liebert W., Schmidt J.C. (2010): *Collingridge's dilemma and technoscience*, Poiesis Prax, nr 7, s. 55–71.
- Liu C., Chuang L., Huang C., Tai W. (2010): *Construction of index weight for organizational innovation in Taiwanese high-tech enterprises*, African Journal of Business Management, nr 4, 5, s. 594–598.
- Lucheng X., Xin L., Wenguang L. (2010): *Research on emerging technology selection and assessment by technology foresight and fuzzy consistent matrix*, Foresight, nr 12, 2, s. 77–89.
- Łunarski J. (2009): *Zarządzanie technologiami. Ocena i doskonalenie*, Wydawnictwo Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów.

- Mała Encyklopedia Ekonomiczna* (1974): PWE, Warszawa.
- Mankins J.C. (1995): *Technology Readiness Levels: a white paper*, NASA, Advanced Concepts Office, Office of Space Access and Technology, kwiecień, www.hq.nasa.gov/office/codeq/trl/trl.pdf [30.03.2013].
- Mankins J.C. (2009): *Technology readiness assessments: A retrospective*, *Acta Astronautica*, nr 65, s. 1216–1223.
- McMillan A. (2003): *Roadmapping – agent of change*, *Research – Technology Management*, nr 46, 2, s. 40–47.
- Meadows P. (1979): *Technology assessment and impact analysis*, *International Journal of Comparative Sociology*, nr 20, 3–4, s. 199–212.
- Melachrinoudis E., Rice K. (1991): *The prioritization of technologies in a research laboratory*, *IEEE Transactions on Engineering Management*, nr 38, 3, s. 269–278.
- Meredyk K., red. (2000): *Mikroekonomia*, Wydawnictwa Uniwersytetu w Białymstoku, Białystok.
- Merkerk R.O., van Smits R.E.H.M. (2008): *Tailoring CTA for emerging technologies*, *Technological Forecasting & Social Change*, nr 75, s. 312–333.
- Ministerstwo Środowiska (2011): *Regulamin Konkursu GreenEvo-Akcelerator Zielonych Technologii – III edycja*.
- Missile Defence Agency/Advanced Systems (2003): *MDA/DV hardware maturity checklist for Technology Readiness Levels (TRLs)*.
- Mohr J. (2001): *Marketing of high-technology products and innovations*, Prentice Hall, New Jersey.
- Motta M. (2007): *Competition policy: Theory and practice*, Cambridge University Press, New York.
- Musango J.K., Brent A.C. (2011): *A conceptual framework for energy technology sustainability assessment*, *Energy for Sustainable Development*, nr 15, s. 84–91.
- National Institute of Standards and Technology (NIST) (2007): *ATP Proposal Preparation Kit*, kwiecień.
- Nolte W.L. (2003): *AFRL Transition Readiness Level Calculator, version 2.2*, AFRL – Wright-Patterson Air Force Base.
- OECD (2001): *Measuring Productivity. Measurement of aggregate and industry-level productivity growth*, OECD, Paris, <http://www.oecd.org/dataoecd/59/29/2352458.pdf> [30.03.2013].
- Oliveira M.G., Rozenfeld H. (2010): *Integrating technology roadmapping and portfolio management at the front-end of new product development*, *Technological Forecasting & Social Change*, nr 77, s. 1339–1354.
- Orlikowski W. (1992): *The duality of technology. Rethinking the concept of technology in organizations*, *Organization Science*, nr 3, s. 398–427.
- Ostaszewicz W., red. (1998): *Statystyczne metody analizy danych*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu, Wrocław.
- Palm E., Hansson S.O. (2006): *The case for ethical technology assessment (eTA)*, *Technological Forecasting & Social Change*, nr 73, s. 543–558.
- Pantros I.P. (2010): *Patent Factor Index Report. Legal, Commercial & Technical Factors Analysis*, http://www.patentcafe.com/patent-reports/pfi_6073750.pdf [30.03.2013].
- Perrin B. (2002): *How to and how not to evaluate innovation*, *Evaluation*, nr 8, 1, s. 13–28.
- Phaal R., Farrukh C.J.P., Probert D.R. (2006): *Technology management tools: concept, development and application*, *Technovation*, 26, s. 336–344.

- Płowiec U. (2008): *Innowacyjność polskiej gospodarki w ocenie uczestników VIII Kongresu PTE, w: Tendencje innowacyjnego rozwoju polskich przedsiębiorstw*, Instytut Wiedzy i Innowacji, Warszawa.
- Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości (2008): *Regulamin Konkursu Polski Produkt Przyszłości*.
- Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości (2012): *Przewodnik po kryteriach wyboru finansowanych operacji w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka 2007–2013, Działanie 1.4 i 4.1*, <http://poig.parp.gov.pl/files/74/108/198/459/503/11899.pdf> [30.03.2013].
- Pomykański A. (2001): *Zarządzanie innowacjami*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa–Łódź.
- Porter M.E. (1985): *Competitive advantage. Creating and sustaining superior performance*, The Free Press, New York.
- Prahalad C.K., Krishnan M.S. (2010): *Nowa era innowacji*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Prasad A.V.S., Somasekhara N. (1990): *The analytic hierarchy process for choice of technologies*, Technical Forecasting and Social Change, nr 38, s. 151–158.
- Puchała-Krzywina E. (2012): *Bariery innowacyjności przedsiębiorstw w latach 2007–2010*, w: Baczek T. (red.): *Raport o innowacyjności gospodarki Polski w 2011 roku*, INE PAN, Warszawa.
- Rada Wspólnot Europejskich (1985): EC Council Directive 85/337/EEC of 27 June 1985 on the assessment of the effects of certain public and private projects on the environment, <http://ec.europa.eu/environment/eia/full-legal-text/85337.htm> [30.03.2013].
- Rada Wspólnot Europejskich (1996): *EC Council Directive 96/61/EC of 24 September 1996 concerning integrated pollution prevention and control*, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31996L0061:en:HTML> [30.03.2013].
- Ramanujam V., Saaty T.L. (1981): *Technological choice in the less developed countries: An analytic hierarchy approach*, Technological Forecasting and Social Change, nr 9, s. 81–98.
- Riggs W.E. (1983): *The Delhi technique. An experimental evaluation*, Technological Forecasting and Social Science, nr 23, 1, s. 89–94.
- Rogers E.M. (2003): *Diffusion of innovations*, The Free Press, New York.
- Rogut A., Piasecki B. (2011): *Metodyka foresight*, w: *Metodologia foresightu technologicznego w obszarze zrównoważonego rozwoju*, Wydawnictwo Naukowe Instytutu Technologii Eksploatacji – Państwowego Instytutu Badawczego, Radom.
- Ropohl G. (1996): *Ethik und Technikbewertung*, Suhrkamp, Frankfurt am Main.
- Rosłanowska-Plichcińska K. (1987): *Mierzenie luki technologicznej*, Zakład Narodowy im. Ossolińskich, Wydawnictwo Polskiej Akademii Nauk, Wrocław.
- Rutkowski I.P. (2007): *Rozwój nowego produktu*, PWE, Warszawa.
- Saaty T.L. (1980): *A scaling method for priorities in hierarchical structures*, Journal of Mathematical Psychology, nr 15, s. 234–281.
- Saaty T.L., Vargas L.G. (1998): *Diagnosis with dependent symptoms: Bayes theorem and the analytic hierarchy process*, Operational Research, nr 46, s. 491–502.
- Schramm W. (1998): *Possibilities and limitations of a comparative assessment of process technologies from a cleaner production point of view*, Journal of Cleaner Production, nr 6, s. 227–235.
- Shehabuddeen N., Probert D., Phaal R. (2006): *From theory to practice: challenges in operationalising a technology selection framework*, Technovation, nr 26, s. 324–335.

- Shen Y.-Ch., Lin G.T.R., Tzeng G.-H. (2011): *Combined DEMATEL techniques with novel MCDM for the organic light emitting diode technology selection*, Expert Systems with Applications, nr 38, s. 1468–1481.
- Siciński A. (1974): *Wstęp*, w: Siciński A., (red.): *Technika a społeczeństwo. Antologia*, Państwowy Instytut Wydawniczy, Warszawa.
- Sipos G.L., Ciurea J.B. (2007): *Evaluation methods of the innovation project global efficiency*, Munich Personal RePEc Archive (MPRA) Papers, nr 13081.
- Stiegler B. (1998): *Technics and time, 1. The fault of Epimetheus*, Stanford University Press, Stanford.
- Tavan M., Sodenkamp M.A. (2010): *A fuzzy multi-criteria decision analysis model for advanced technology assessment at Kennedy Space Center*, Journal of the Operational Research Society, nr 61, s. 1459–1470.
- Terwiesch Ch., Ulrich K. (2008): *Managing the opportunity portfolio*, Research – Technology Management, nr 51, 5, s. 27–38.
- Tidd J., Bessant J. (2011): *Zarządzanie innowacjami*, Oficyna Wolters Kluwer, Warszawa.
- Tingling P., Parent M. (2004): *An exploration of enterprise technology selection and evaluation*, Journal of Strategic Information Systems, nr 13, s. 329–354.
- Tran T.A., Daim T. (2008): *A taxonomic review of methods and tools applied in technology assessment*, Technological Forecasting & Social Change, nr 75, s. 1396–1405.
- Tyszka T. (2000): *Psychologiczne pułapki oceniania i podejmowania decyzji*, Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne, Gdańsk.
- Van Wyk R.J. (2010): *Technology assessment for portfolio managers*, Technovation, nr 30, s. 223–228.
- Weick K.E. (2000): *Technology as equivoque. Sense-making in new technologies*, w: Weick K., *Making sense of the organization*, Blackwell, Oxford.
- Zacher L.W. (1984): *Polska 2000. Społeczne wartościowanie techniki (wybrane zagadnienia)*, Zakład Narodowy im. Ossolińskich, Wydawnictwo Polskiej Akademii Nauk, Wrocław.
- Zadeh L.A. (1965): *Fuzzy sets*, Information and Control, nr 8, s. 338–353.
- Zadeh L.A. (1972): *A rational for fuzzy control*, Measurement and Control, nr 12, s. 94–102.

Badacze z Wydziału Zarządzania Uniwersytetu Warszawskiego, **Krzysztof Klincewicz** i **Arkadiusz Manikowski**, prezentują w tej książce model O-R-S – zintegrowanego procesu oceny (O), rankingowania (R) i selekcji (S) technologii. Będzie on przydatny dla podmiotów sektora B+R, które wprowadzają na rynek nowe rozwiązania techniczne albo planują ich zakup i wdrożenie. Zestaw 184 szczegółowych kryteriów oceny, podzielonych na 12 grup tematycznych, oraz propozycja zmatematyzowanego algorytmu przeprowadzenia tej oceny mogą przydać się również instytucjom rozpatrującym wnioski o dofinansowanie projektów B+R lub podejmującym decyzje o inwestycjach na rynku technologicznym. Autorzy oferują przegląd stosowanych w innych krajach podejść do oceny technologii, wykorzystywanych kryteriów oraz metod ilościowych, omawiając możliwości oraz ograniczenia ich zastosowania. Autorski model O-R-S może być wykorzystany w czterech scenariuszach: podejmowania decyzji o nowych kierunkach badań, oceny rezultatów trwających prac badawczo-rozwojowych, analizy technologii przygotowywanych do komercjalizacji oraz wyboru przez organizację technologii do wdrożenia wewnętrznego.