

JAK ANALIZOWAĆ TECHNOLOGIE? WYBRANE ZAGADNIENIA Z ZAKRESU METODYKI ANALIZY TECHNOLOGII

Alicja E. GUDANOWSKA

Streszczenie: W artykule podjęto tematykę analizy technologii, skupiając się na metodach umożliwiających jej przeprowadzenie. Celem artykułu było usystematyzowanie i krótka charakterystyka zasadniczych podejść wykorzystywanych w tym zakresie, takich jak ocena technologii, prognozowanie technologiczne, foresight technologiczny czy wywiad technologiczny. Zidentyfikowano też metody ściśle związane z analizą technologii. Pracę oparto na przeglądzie i analizie literatury. Zaprezentowaną analizę przeprowadzono w ramach projektu finansowanego ze środków Narodowego Centrum Nauki przyznanych na podstawie decyzji numer DEC-2011/01/N/HS4/05607.

Słowa kluczowe: rozwój technologii, metody oceny i analizy technologii

1. Istota analizy rozwoju technologii

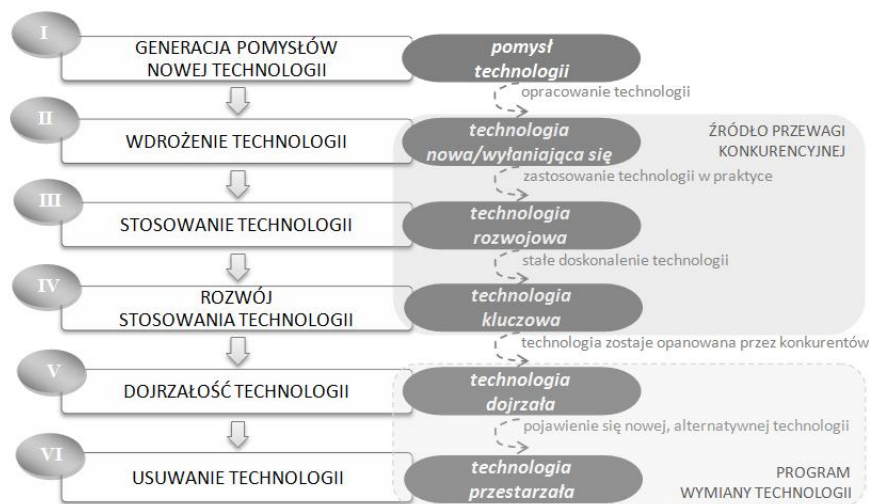
Świadomość wagi rozwoju technologii i jej wdrożenia w procesach wytwórczych obecna była już w latach 40. [1]. W późnych latach 50. R. Solow udowodnił, że to właśnie technologia, w o wiele większym stopniu niż praca czy kapitał, jest czynnikiem determinującym wzrost ekonomiczny w dłuższym okresie (przyniosło mu to nagrodę Nobla w zakresie nauk ekonomicznych w roku 1987) [2]. Przekonanie to jest obecnie powszechne, a technologia stała się siłą napędową zmian we współczesnym biznesie, właściwie jedyną zdolną do stymulacji realnej zmiany na rynku [3, 4]. Równocześnie zauważalna jest coraz większa złożoność istoty technologii, traktowanej jako system, nierozzerwalnie związany z maszynami i urządzeniami stanowiącymi podstawę systemu produkcyjnego, ale też z wytworami powstałymi przy wykorzystaniu technologii [5, 6].

Istotę technologii trafnie w opinii autorki oddaje obecne w literaturze światowej stwierdzenie *technology is what technology does* [7]. W kontekście tym warto zauważyć, że obecne realia rynkowe wymuszają dostarczenia produktów, które niekoniecznie będą służyć użytkownikom latami. Oczekuje się wyrobów lepszych od poprzedników pod względem ich formy, łatwiejszego serwisu, niezawodności w określonym czasie. Potrzeby te wpływają na skracanie się cyklu życia wyrobu, ale także cyklu życia zastosowania technologii [8]. Od przytoczonego stwierdzenia wychodzi też N. Sharif opisujący komponenty systemu technologicznego. Autor wyodrębnił następujące składowe: *technoware*, *humanware*, *infoware*, *orgaware*, wzbogacone z czasem o *cysnetware* (przestrzeń wirtualną). Wskazał równocześnie, że choć podobnie, jak w każdym systemie istotna jest dbałość o rozwój każdego z wymienionych komponentów, tak by ich dynamiczna interakcja dawała technologiczną wartość dodaną, to kluczowym w tym wypadku jest *humanware*. Obejmuje on szeroko pojęte umiejętności – nie tylko techniczne, ale też kreatywność czy umiejętność podejmowania decyzji. Bez nich narzędzia, maszyny czy materiały (składowe *technoware*) są bezużyteczne. Ponadto wysoki poziom umiejętności umożliwia nie tylko najlepsze wykorzystanie dostępnych narzędzi, ale także asymilowanie najnowszej wiedzy z zakresu wytwarzania (*infoware*) oraz organizację

całego procesu wytwórczego (*orgaware*) [9, 10]. Podobne ujęcie prezentuje także J. Łunarski wskazując na technologię jako ukierunkowany proces wytwarzania potrzebnych produktów i usług, realizowany w zhierarchizowanym systemie produkcyjnym o zidentyfikowanych elementach i ich powiązaniach, zbudowanym dla realizacji tego procesu w oparciu o dostępną wiedzę teoretyczną i praktyczną [3]. W prezentowanym przez niego stanowisku technologia ma wszelkie charakterystyczne cechy systemu, takie jak struktura wewnętrzna, powiązana z otoczeniem, realizująca ściśle określoną funkcję z możliwą do określenia dotychczasową historią rozwoju [5].

Dzisiejsze postrzeganie technologii – wychodzące poza narzędzia i maszyny oraz wiedzę o wytwarzaniu – podtrzymywane jest przez spostrzeżenia Komitetu Inżynierii Produkcji Polskiej Akademii Nauk opublikowane w 2010 roku. W przygotowanej ekspertyzie wskazano, że nawet najlepiej opracowane konstrukcje i techniki wytwarzania nie decydują o skutecznym wdrożeniu, a niezbędnym jest odpowiednie przygotowanie zarządzania produkcją oraz rozwiązywanie problemów mających swe źródło w otoczeniu systemu produkcyjnego. Ważne jest uwzględnienie nie tylko podstaw technicznych, ale także elementów wiedzy ekonomicznej i społecznej, poprzez analizę zagadnień związanych z bliższym i dalszym otoczeniem systemu produkcyjnego [11].

Obserwacja rozwoju technologii to swego rodzaju zabezpieczenie związanych z nimi inwestycji [5]. Jednak, aby decyzje inwestycyjne były, optymalne obserwacja musi pozwalać na umiejscowienie technologii zarówno w procesie produkcyjnym, jak i biznesowym oraz uwzględniać wpływ technologii na przedsiębiorstwo traktowane jako całość [12]. Co istotne wytwarzanie wyrobu wiąże się z wykorzystaniem nie jednej, a szeregu technologii, stanowiących portfel technologiczny przedsiębiorstwa. Wymusza to dodatkowo konieczność utrzymania lub doskonalenia określonych proporcji danych technologii w portfelu, by maksymalizować wykorzystanie technologii kluczowych oraz dojrzałych, przy równoczesnym wprowadzaniu nowych i rozwojowych oraz stopniowej eliminacji przestarzałych [3] (etapy rozwoju technologii, do których się odniesiono, zestawione z procesem jej przemiany, przedstawiono schematycznie na rys. 1).



Rys. 1. Etapy rozwoju technologii zestawione z procesem przemiany technologii [opracowanie własne na podstawie 3, 13, 14]

Wybór, które z technologii powinny stanowić elementy portfela technologii dla danego wyrobu, zdeterminowany jest strategią przedsiębiorstwa, ale także przewidywaniami w zakresie trendów technologicznych czy pozycją firmy jako konkurenta na rynku [3]. A. M. Pawlak opisuje pojęcie portfolio technologii, traktowanego również jako zbiór wybranych technologii, jednak w szerszym ujęciu. Rozważa technologie nie tyle niezbędne do produkcji danego wyrobu, co takie, które cechuje największa szansa na sukces naukowy lub komercyjny. Wedle autora wartość technologii zawarta jest w trzech aspektach: (1) atrybutach technicznych (obejmujących ekspertyzy i prognozy technologiczne, poziom rozwoju i innowacyjność technologii oraz wartość intelektualną); (2) siłach biznesowych (a więc rozmiarach rynku, konkurencji i barierach wzrostu, strategii firmy, różnorodności zastosowań technologii) oraz (3) atrybutach finansowych (czyli wymaganiach inwestycyjnych, potencjalnym ryzyku czy stopie zwrotu i zyskowności) [15, 16]. Uzupełniając wymienione aspekty można zaznaczyć, że wybór technologii może być poprzedzony analizą krzywej życia każdej technologii uwzględniając również ich zbiorcze porównanie, analizą trendów technologicznych dotyczących właściwości materiału, kosztów z nią związanych, wydajności technologii czy poziomu jej rozwoju [12]. Istotna może być także dotychczasowa historia technologii, zasoby z nią związane, czy stopień, w jakim przyczynia się do realizacji misji przedsiębiorstwa.

Należy również pamiętać, że rozważając kilka technologii i dokonując wyboru, powinno się uwzględnić nie tylko charakteryzujące je dane, ale także relacje, jakie mogą występować pomiędzy nimi. Technologie mogą być zależne od siebie, komplementarne, w pełni niezależne (brak jakichkolwiek relacji) bądź konkurencyjne (gdy pojawienie się jednej technologii eliminuje zupełnie możliwość wykorzystania drugiej) [12]. Technologie wybierane do portfela technologii muszą wpasowywać się w cały system organizacji oraz technologie obecnie stosowane [17].

Rozważając technologie za ważne należy uznać zarówno sposób wytworzenia danego produktu, wiedzę płynącą z procesu jego wytwarzania, z badań naukowych, jak i doświadczeń wdrażających daną technologię przedsiębiorstw. Istotne jest ponadto uwzględnienie jej dynamicznego charakteru oraz systemowego ujęcia istoty technologii, jak też relacyjności, która może wystąpić w liczniejszej grupie technologii. Przeprowadzony przez autorkę przegląd literatury wskazuje, że analiza technologii nie może być prowadzona „wąsko”, a ocena poziomu dojrzałości technologii, choć zasadnicza powinna zostać wzbogacona rozważaniami dotyczącymi wymienianych atrybutów czy charakterystyk technologii. Niestety, ich liczność utrudnia dokonywanie wyborów przyszłościowych technologii, popartych zgromadzeniem kompleksowej bazy wiedzy w ich zakresie, a proces decyzji wymaga uwzględnienia licznych kryteriów, również uwzględniających ocenę czynników jakościowych.

Czy warto zatem oceniać technologie i czy znajomość oraz rozwój metodyki badawczej w tym zakresie jest zagadnieniem istotnym? Biorąc pod uwagę coraz bardziej dynamiczne tempo rozwoju technologicznego i złożoność technologii jest to kwestia kluczowa. Choć selekcja technologii jest coraz trudniejsza to wciąż pozostaje warunkiem bytu rynkowego firm oraz rozwoju ekonomicznego regionów, a także państw. Znajomość dostępnego wachlarza metod oceny technologii pozwala na wybór tych, które są odpowiednie do wykorzystania w danej sytuacji i umożliwia podniesienie zasadność podejmowanych przy ich wykorzystaniu decyzji. W dalszej części artykułu skupiono się zatem na koncepcjach i metodach służących identyfikacji i rozpoznaniu w zakresie dostępnych technologii, wspomagających proces ich selekcji.

2. Wybrane metody analizy technologii

Analiza technologii w aspekcie zarówno bieżącego stanu ich rozwoju, jak i możliwych kierunków, jakie rozwój ten może obrać to rozległy obszar badawczy cechujący się licznymi propozycjami postępowania metodycznego. Możliwym jest jednak wyodrębnienie głównych podejść w zakresie analizy technologii i technologicznej zmiany, jak też uporządkowanych propozycji metod badawczych. Za główne koncepcje w tym względzie przyjąć można prognozowanie technologiczne (*technology/technological forecasting*), ocenę technologii (*technology assessment*), foresight technologiczny (*technology foresight*) oraz wywiad technologiczny (*technology intelligence*). Zestaw ten uzupełniany jest także o tworzenie marszrut rozwoju technologii (*technology roadmapping*) [18]. Co ciekawe, wymienione marszruty traktowane są jako metody badawcze oraz jako podejścia, w obrębie których możliwe jest wykorzystanie innych metod.

Pierwszą z wymienionych jest prognozowanie technologiczne, które było równocześnie jedną z pierwszych idei poszukiwania technologii przyszłościowych oraz dało początek pozostałym opisanym koncepcjom i metodom. W ogólnym ujęciu prognozowanie to racjonalne oraz naukowe przewidywanie, czyli proces logicznego formułowania wniosków, przebiegający od przesłanek do konkluzji, przy wykorzystaniu reguł i praw nauki [19]. Z kolei prognozowanie technologiczne dotyczy zmian technologicznych i może uwzględniać znaczenie technologii, ścieżki jej rozwoju oraz możliwości funkcjonalne [20]. W przypadku prognoz technologicznych szczególnie istotny jest również okres, jaki obejmować ma tworzona prognoza, gdyż dokonywany pomiar powinien uwzględniać zarówno nowoczesność technologii, jak i dynamikę reakcji gospodarki na jej rozwój [21]. Metody wykorzystywane podczas prognozowania to liczna grupa obejmująca metody naiwne, średniej, wygładzania, ale też modele ekonometryczne, symulacje, analogię historyczną, biologiczną, czy metody heurystyczne, jak burza mózgów czy Delphi [22]. Wadą prognozowania jest problematyczny często dobór odpowiedniego modelu. Problemem mogą być również aspekty związane z kosztem zebrania danych. Ponadto możliwość wzajemnego oddziaływania technologii, wystąpienia niespodziewanych czynników, czy naukowych odkryć łatwo zaburzyć może wskazaną tendencję rozwoju i akceptację powstającego dzięki technologii wyrobu [21].

Drugą z wymienionych koncepcji jest tzw. ocena technologii, określana także jako pomiar czy wartościowanie, bądź też ocena społecznych oddziaływań innowacyjnych technologii i produktów. Zasadniczym problemem, na jakim powinna się skupiać, jest analiza wpływu innowacyjnych technologii i produktów na szeroko pojęte otoczenie społeczne [23]. Początki podejścia sięgają lat 60., kiedy to termin *technology assessment* (TA) charakteryzował działania podejmowane w odpowiedzi na potrzebę wskazania konsekwencji rozwoju istniejących technologii lub wprowadzania nowych [24]. Klasyczna koncepcja TA rozwijała się z czasem w różnych kierunkach (m. in. *innovative TA*, *strategic TA*, czy *constructive TA* lub *real-time TA*) [23, 25]. Za istotne nurty uznaje się: SAT – *Sustainability Assessment of Technologies* – ocena dobrze znanych technologii, bazująca na analizie cyklu życia; PTA – *Participatory Technology Assessment* – alternatywa tradycyjnej oceny, odnosząca się nie do przewidywania nieznanych efektów przyszłych technologii, ale do zwiększenia udziału i wpływu opinii publicznej na decyzje o rozważanej technologii w oparciu o dotychczas zdobytą wiedzę [24] oraz CTA – *Constructive Technology Assessment* – nakierowane na tworzenie ulepszonej technologii działania płynące ze społeczeństwa, przy zaangażowaniu wielu podmiotów podczas gromadzenia wiedzy o technologiach i ich oddziaływaniu [26]. Należy zauważyć, że o ile

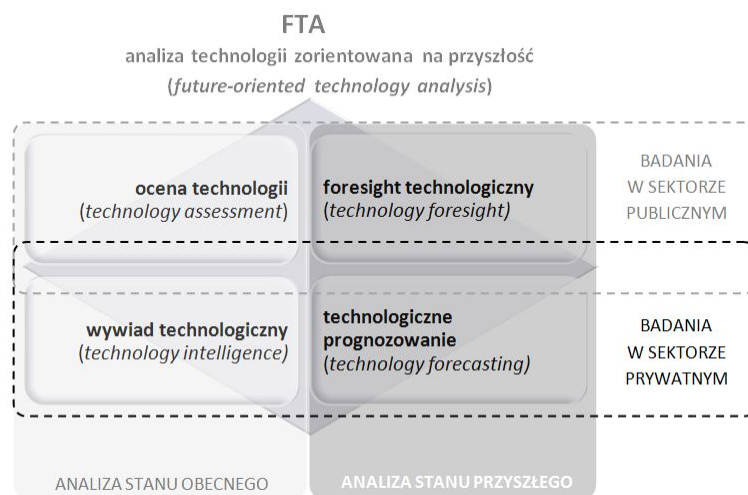
tradycyjne ujęcia TA skupiały się na określaniu i ocenie wpływu polityki, tak współczesne podejścia, jak CTA, koncentrują uwagę na kształtowaniu nowych technologii [25]. Przeprowadzenie oceny technologii to zauważenie jej istotnej roli w przemianach gospodarczych, społecznych i kulturowych, założenie, że wpływa na społeczeństwo, a jej rozwój nie jest determinowany przez własną logikę. Badane są raczej siły i czynniki związane z projektowaniem i wdrażaniem technologii, łącząc opinię interesariuszy z opinią ekspercką. Poprzez ocenę technologii dokonuje się identyfikacji ryzyka związanego z wprowadzeniem technologii, odpowiednio wcześniej, tak żeby była ona precyzyjna i skupiona na rzeczywistym problemie. Gdy określone są alternatywne rozwiązania, możliwe jest ich porównanie [27]. W ramach realizacji TA adaptowane są także narzędzia skupiające się na modelowaniu strukturalnym, dynamice systemu, analizie wpływów, scenariuszach, ocenie ryzyka, analizie pojawiających się technologii, marszrutach rozwoju technologii czy technometrii [28].

Kolejnym wymienionym podejściem jest foresight technologiczny. Określenie to obejmuje proces zaangażowany w długookresową przyszłość nauki, technologii, gospodarki, środowiska i społeczeństwa, realizowany w celu identyfikacji powstających kluczowych technologii oraz pobudzenia strategicznych obszarów badań, rokujących największe korzyści w aspekcie społecznym bądź ekonomicznym [29]. O ile termin foresight jest pojęciem młodym, funkcjonującym od lat 80., to sama idea badań tego typu sięga czasów II wojny światowej. Obecnie to powszechnie stosowane narzędzie analizy przyszłych, pożądaných stanów [30]. Idea badań foresightowych zakłada przewidywanie przyszłości, ale także jej kształtowanie bądź wręcz zarządzanie nią. Podkreśla się również, że nie powinny ponadto być traktowane nie konkurencyjnie, a komplementarnie w odniesieniu do prognozowania, studiów nad przyszłością czy zarządzania strategicznego [32]. Badania foresightowe mogą przyjąć różną formę – foresightu społecznego, strategicznego, technologicznego bądź gospodarczego [31]. Analizy zarówno w ujęciu ogólnym, jak i skierowane na technologie swoje źródło miały w prognozowaniu, jednak w odróżnieniu od prognozowania cechującego się pewną pasywnością, przyjmują formę aktywną analizując kilka wariantów przyszłości i następstw poszczególnych działań, decyzji i czynników [33]. Foresight często jest wręcz definiowany przez pryzmat technologii, gdy za podstawowy cel badań przyjmuje się identyfikację kluczowych technologii, bądź rozpoznanie zwiastunów zmian technologicznych [34]. Analiza projektów o charakterze foresightowym wskazuje na wiele wykorzystywanych w ich obrębie metod. Realizatorzy przyjmując metodykę postępowania oraz ideę narzuconą przez badania foresightu technologicznego wykorzystują m. in. metodę scenariuszową, Delphi, panele eksperckie, analizę kluczowych technologii, czy marszrutę rozwoju technologii [30].

Wywiad technologiczny to następne z wymienionych podejść, definiowane jako identyfikacja, ocena i wykorzystanie informacji z zakresu nowych technologii i nieciągłości technologicznych [35]. Wskazuje się na brak widocznego w literaturze konsensusu w rozumieniu pojęcia wywiadu technologicznego i utożsamianie go z prognozowaniem technologicznym, skanowaniem technologii, jej monitorowaniem czy oceną. Za wywiad można za E. Lichtenthaler'em przyjąć wykorzystanie potencjalnych szans i obronę przed ewentualnymi zagrożeniami, poprzez szybki dostęp do informacji na temat trendów technologicznych w środowisku przedsiębiorstwa. Obejmuje on wówczas działania związane z gromadzeniem, analizą i przekazywaniem istotnych informacji na temat zidentyfikowanych trendów, wspierając tym samym proces podejmowania decyzji dotyczących tak technologii, jak i pozostałych ogólnie podejmowanych

w przedsiębiorstwie [36]. Podobne znaczenie nadano także innym, pochodnym terminom, jak *competitive technical intelligence*, czy *quick technology intelligence processes*. Wśród metod ściśle związanych z wywiadem technologicznym wymienia się takie, jak analiza patentów, monitoring technologii, technologiczny zwiad, skanowanie technologii czy obserwacja technologiczna [37].

Wymienione pojęcia zazębiają się, często wymieniane w literaturze jako pokrewne analizy. Nowym trendem, o charakterze integrującym powyżej opisane wątki jest podejście analizy technologii zorientowanej na przyszłość (*future-oriented technology analysis – FTA*). To systematyczny proces charakteryzowania wyłaniających się technologii (*emerging technologies*), identyfikowania ścieżek ich rozwoju i potencjalnych oddziaływań, szczególnie w przyszłości. Podejście to łączy ocenę technologii i działania foresightowe z perspektywy sektora publicznego i prowadzonych w nim badań z perspektywą sektora prywatnego i podejmowanymi częściej w jego obrębie prognozowaniem i wywiadem technologicznym [38]. Relację tę przedstawiono schematycznie na rys. 2.



Rys. 2. Relacje głównych koncepcji analizy technologii [opracowanie własne na podstawie 38]

Jedną z często wymienianych metod w zestawieniu z pozostałymi podejściami, traktowaną zarówno jako metodę ale także jako ideę postępowania badawczego, uzupełniającą bądź składową podejść związanych z FTA, jest tworzenie marszrut rozwoju technologii. To w ogólnym ujęciu proces planowania rozwoju technologii, którego celem jest identyfikacja, selekcja oraz wskazanie ścieżek rozwoju kluczowych alternatywnych technologicznych rozwiązań zaspokajających zdefiniowane potrzeby. Powinien koncentrować się na niezbędnych zasobach oraz przygotowaniu rekomendacji w kwestii inwestycji finansowych. Tworzone w jego ramach wizualizacje mają formę warstw odniesionych do osi czasu. To metoda wciąż chętnie rozwijana, wiążąca się z adaptacją coraz to nowych koncepcji zarówno w ujęciu biznesowym, jak i naukowym. Wskazuje się na możliwości powiązania jej z innymi metodami analizy strategicznej oraz pojawiające się wciąż nowe obszary jej zastosowań [39].

Metody badawcze służące ocenie technologii to bardzo liczna grupa. Technologie ujmowane są w ramach ich wykorzystania w różnych kontekstach: finansowym, korzyściami i ryzykiem związanym z ich rozwojem czy w aspekcie konkurencyjności [40]. Te spośród nich, które autorka uznała za pomocne w badaniu technologii, uzupełniające opisane podejścia wymieniono w tab. 1.

Tab. 1. Zidentyfikowane główne metody i koncepcje analizy technologii

analiza portfela technologicznego (<i>technology portfolio</i>)
analiza cyklu życia technologii (<i>technology life cycle analysis</i>)
indeks gotowości technologicznej (<i>Technology Readiness Level – TRL</i>)
Teoria Rozwiązywania Innowacyjnych Zagadnień – TRIZ
metoda Delphi
obserwacja technologiczna (<i>technology watch</i>)
zwiad technologiczny (<i>technology scouting</i>)
substytucja technologii (<i>technology substitution</i>)
skanowanie technologii (<i>technology scanning</i>)
monitorowanie technologii (<i>technology monitoring</i>)
kluczowe technologie (<i>key/critical technologies</i>)
analizy bibliometryczne, analiza patentów, publikacji (<i>bibliometrics, patent and publication analysis</i>)
mapowanie technologii (<i>technology mapping</i>)
foresight technologiczny (<i>technology foresight</i>)
prognozowanie technologiczne (<i>technology/technological forecasting</i>)
wywiad technologiczny (<i>technology intelligence/ competitive technical intelligence/ quick technology intelligence processes</i>)
ocena technologii (<i>technology assessment</i>)
analiza technologii zorientowana na przyszłość (<i>future-oriented technology analysis</i>)
marszrutu rozwoju technologii (<i>technology roadmapping</i>)

Poza wybranymi, wymienionymi w tab. 1 głównymi metodami w odniesieniu do technologii i ich oceny wykorzystywanych jest też wiele innych, które pełnią rolę raczej wspomagającą analizę technologii. Takie metody, jak burza mózgów, analiza SWOT, analiza strukturalna, panele eksperckie, badania ankietowe, wywiady czy przegląd literatury nie odnoszą się wprost do badania natury technologii. Autorce zależało na identyfikacji tych o bardziej specyficznym, technologicznym charakterze.

3. Wnioski

Analiza technologii nie jest problem nowym. Jak wskazuje J. Kaźmierczak właściwie każda optymalizacja związana z działaniami inżynierskimi, czy to obejmująca wybór koncepcji, czy danego rozwiązania na podstawie określonych kryteriów może stanowić ocenę technologii [23]. Ponadto, dynamika postępu technologicznego sprawia, że rozwój metodyki analizy technologii i technologicznej zmiany jest niezbędny. Metody wykorzystywane w tym zakresie stanowią swego rodzaju systemy wczesnego ostrzegania [41], które stają się potrzebne nawet, jeśli będą wskazywały jedynie na słabe sygnały zbliżających się zmian.

Metody badawcze dotyczące technologii poddają analizie zarówno jej bieżący stan, jak i pozwalają na rozważenie możliwych do zaistnienia stanów, umożliwiając tym samym wyodrębnienie działania skupionych na diagnozie lub prognozie technologii, wraz z instrukcją co do związanego z nimi postępowania. Metody odwołujące się do analizy bieżącej sytuacji umożliwiają określenie wyjściowej pozycji dla pozostałych działań. Niektóre z nich dają możliwość spojrzenia bezpośredniego na technologie, inne narzucają szerszą perspektywę jej otoczenia i występujących w nim relacji, co jak wykazywano w pierwszej części artykułu jest perspektywą niezbędną do uwzględnienia.

Przedstawiony w artykule przegląd koncepcji rozważanych w aspekcie analizy technologii oraz wykaz zidentyfikowanych podstawowych metod bezpośrednio z nią związanych powinien umożliwić ukierunkowanie działań analityka technologii. Orientacja w obszernym kontekście wiedzy o technologiach i znajomość aspektów, w jakich można rozważać technologie jest w opinii autorki podstawą jakichkolwiek działań związanych z szacowaniem ich wartości i selekcją technologii przyszłościowych, cechujących się największym potencjałem rozwoju. Działan istotnych, gdyż wchodzących w poczet zarządzania technologią, realizowanych przez badaczy i praktyków z zakresu zarządzania i inżynierii produkcji.

Literatura

1. Schumpeter J. A.: *The Theory of Economic Development*. Harvard University Press, Cambridge – Massachusetts, 1949.
2. Garfield E.: *Theory of Technology's Role in Economic Growth Brings MIT's Robert M. Solow the 1987 Nobel Prize in Economic Sciences*. *Current Contents*, nr 17, 1988, s. 123-128.
3. Łunarski J.: *Zarządzenie technologiami. Ocena i doskonalenie*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2009.
4. Utterback J.: *The Dynamics of Innovation*. *The Internet and the University*, Aspen Institute Forum 2002, Educase.
5. Łunarski J.: *Kluczowe procesy w systemowym zarządzaniu technologią*. *Technologia i automatyzacja montażu*, nr 1, 2009, s. 4-8.
6. Łunarski J.: *O możliwościach standaryzacji zarządzania technologią*, *Zarządzanie i marketing*, t. 17, nr 3, 2010, s. 249-254.
7. Coccia M.: *Technometrics: Origins, historical evolution and new directions*. *Technological Forecasting and Social Change*, nr 72, 2005, s. 944-979.
8. Hejduk I., Grudzewski W.: *Zarządzanie technologiami: zaawansowane technologie i wyzwanie ich komercjalizacji*. Difin, Warszawa 2008.
9. Sharif M. N.: *Measurement of Technology for National Development*. *Technological Forecasting and Social Change*, nr 29, 1986, s. 119-172.
10. Sharif M. N.: *Technology innovation governance for winning the future*. *Technological Forecasting and Social Change*, nr 79, 2012, s. 595-604.
11. Komitet Inżynierii Produkcji Polskiej Akademii Nauk: *Stan i perspektywy badań naukowych w obszarze inżynierii produkcji w Polsce*. Warszawa 2010.
12. Pretorius M. W., de Wet G.: *A model for the assessment of new technology for the manufacturing enterprise*. *Technovation*, nr 20, 2000, s. 3-10.
13. Lowe P.: *The Management of Technology: Perception and Opportunities*. Chapman & Hall, Londyn, 1995.

14. Nowosielski R., Gołębek K. J., Jaskuła A.: Wybrane aspekty oceny cyklu życia technologii. Materiały konferencyjne 12 Międzynarodowej Konferencji Naukowej Achievements in Mechanical and Material Engineering, [online], dostęp zdalny: www.journalamme.org/papers_amme03/12135.pdf, [data wejścia: 31.07.2013].
15. Pawlak A. M.: Niszowe kierunki rozwoju regionów Polski. Prezentacja w ramach seminarium, Katowice, 2010.
16. Pawlak A. M.: Wartość klastrów technologii. Pismo PG, nr 7, 2010, s. 50-55.
17. Torrkeli M., Tuominen M.: The contribution of technology selection to core competences. International Journal of Production Economics, nr 77, 2002, s. 271-284.
18. Coates V., Farooque M., Klavans R., Lapid K., Linstone H. A., Pistorius C., Porter A. L.: On the Future of Technological Forecasting. Technological Forecasting and Social Change, nr 67, 2001, s. 1-17.
19. Cieślak M. (red.): Prognozowanie gospodarcze. Metody i zastosowania. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2005.
20. Roper A. T., Cunningham S. W., Porter A. L., Mason T. W., Rossini F. A., Banks J.: Forecasting and Management of Technology. John Wiley & Sons, Inc., New York, 2011.
21. Karczewska M.: Pomiar i porównanie technologii w przedsiębiorstwie – podstawy w kierunkowaniu jego innowacyjnej działalności. [w:] Skonieczny J. (red.): Kształtowanie zachowań innowacyjnych, przedsiębiorczych i twórczych w edukacji inżyniera. Wydawnictwo Indygo Zahir Media, Politechnika Wrocławska, Wrocław 2011.
22. Nazarko J. (red.): Prognozowanie w zarządzaniu przedsiębiorstwem. Wydawnictwo Politechniki Białostockiej, Białystok, 2004-2005.
23. Kaźmierczak J.: Ocena oddziaływań społecznych innowacyjnych produktów i technologii („technology assessment”). [w:] Knosala R. (red.): Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji. Polskie Towarzystwo Zarządzania Produkcją, Opole 2013, s. 124-137.
24. Carlsen H., Dreborg K. H., Godman M., Hansson S. O., Johansson L., Wikman-Svahn P.: Assessing socially disruptive technological change. Technology in Society, nr 32, 2010, s. 209-218.
25. Musango J. K.: Technology Assessment of Renewable Energy Sustainability in South Africa. Rozprawa doktorska, Stellenbosch University, Matieland, 2012.
26. Genus A.: Rethinking constructive technology assessment as democratic, reflective, discourse. Technological Forecasting and Social Change, nr 73, 2006, s. 13-26.
27. Karczewska M., Materzok J., Skonieczny J.: Współczesne narzędzia oceny technologii. Artykuły konferencji KZZ Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Zakopane 2011, [online], dostęp zdalny: www.ptzp.org.pl/files/konferencje/kzz/artyk_pdf_2011/042.pdf, [data wejścia: 02.09.2013], s. 454-462.
28. Tran T. A., Daim T.: A taxonomic review of methods and tools applied in technology assessment. Technological Forecasting and Social Change, nr 75, 2008, s. 1396-1405.
29. Martin B. R.: Foresight in Science and Technology. Technology Analysis & Strategic Management, 1995, s. 139-168.
30. Nazarko J. (red.): Badanie ewaluacyjne projektów foresight realizowanych w Polsce. Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, Warszawa 2012, [online], dostęp zdalny: <http://pbc.biaman.pl/dlibra/doccontent?id=21592&dirids=1>, [data wejścia 04.02.2013].

31. Nazarko J.: Regionalny foresight gospodarczy. Metodologia i instrumentarium badawcze. Związek Pracodawców Warszawy i Mazowsza, Warszawa 2013.
32. Kononiuk A., Magruk A.: Doświadczenia polskich programów foresight. *Ekonomia i Zarządzanie. Zeszyty Naukowe Politechniki Białostockiej*, nr 13, 2008, s. 70-83.
33. Skulimowski A. M. J.: *Metodyka foresightu strumieni odpadów nieorganicznych przemysłu chemicznego. Raport z prac badawczych realizowanych w ramach projektu „Odpady nieorganiczne przemysłu chemicznego – foresight technologiczny”*, Fundacja „Progress and Business”, Kraków 2011.
34. Gudanowska A.: Mapowanie a foresight. Wybrane aspekty metodologiczne jednego ze współczesnych nurtów badawczych w naukach o zarządzaniu. *Współczesne Zarządzanie*, nr 4, 2012, s. 103-111.
35. Rohrbeck R., Arnold H. M., Heuer J.: Strategic Foresight in multinational enterprises – a case study on the Deutsche Telekom Laboratories. MPRA Paper, ISPIM-Asia 2007 conference, New Delhi, 2007.
36. Lichtenthaler E.: Third generation management of technology intelligence processes. *R&D Management*, t. 33, nr 4, 2003, s. 361-375.
37. Nosella A., Petroni G., Salandra R.: Technological change and technology monitoring process: Evidence from four Italian case studies. *Journal of Engineering and Technology Management*, nr 25, 2008, s. 321-337.
38. Technology Futures Analysis Methods Working Group: Technology futures analysis: Toward integration of the field and new methods. *Technological Forecasting and Social Change*, nr 71, 2004, s. 287-303.
39. Kononiuk A. (red.), Gudanowska A. (red.): *Kierunki rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim. Mapy. Marszruty. Trendy*. Politechnika Białostocka, Białystok, 2013.
40. Santarek K. (red.): *Transfer technologii z uczelni do biznesu. Tworzenie mechanizmów transferu technologii*. PARP, Warszawa 2008.
41. Międzynarodowe Centrum Nauki i Zaawansowanej Technologii ICS: Zarządzanie technologią. Kurs Zarządzania Transferem Technologii. UNIDO, [online], dostęp zdalny: www.uz.zgora.pl/~skotylak/kursy/ZT-part1.pdf, [data wejścia 01.07.2013]

Mgr Alicja E. Gudanowska
 Katedra Informatyki Gospodarczej i Logistyki
 Politechnika Białostocka
 15-351 Białystok, ul. Wiejska 45A
 tel./fax: (0-85) 746 98 96
 e-mail: a.gudanowska@pb.edu.pl