

MODEL OCENY INTELIGENTNYCH TECHNOLOGII

Krzysztof EJSMONT

Streszczenie: W pracy przedstawiono ogólną charakterystykę inteligentnych technologii w odniesieniu do zarządzania produkcją. Uwagę skupiono głównie na funkcjach przez nie pełnionych oraz zadaniach jakie mają realizować. Artykuł przedstawia propozycję modelu oceny inteligentnych technologii w ujęciu holistycznym, który zgodny jest z paradygmatem zarządzania wiedzą oraz ideą zrównoważonego rozwoju. W modelu zostały dobrane poszczególne wymiary oraz mierniki (wraz z wagami), a także zaprezentowany został przykładowy schemat przeprowadzania obliczeń. Model pozwoli na wsparcie procesu decyzyjnego w obszarze wdrażania inteligentnych technologii.

Słowa kluczowe: inteligentne technologie, metody oceny technologii, model oceny.

1. Inteligentne technologie – wprowadzenie

W dzisiejszych czasach coraz większą popularnością cieszą się przedmioty, do których można przypisać słowo „smart” (inteligentne). Wielu ludzi zafascynowanych jest wszystkim, co ma w nazwie *smart* np. *smartfon*, *smart devices*, *smart materials*, *smart cards* itp. Można stwierdzić, że wszystkie owe urządzenia kryją się pod ogólnym pojęciem inteligentnych technologii. Jedną z definicji, wydającą się najlepiej oddawać jej istotę to technologia zawierająca i wykorzystująca zaawansowane urządzenia elektroniczne, a ich przykładem są np. mikroprocesory systemu komputerowego. Inteligentna technologia w odniesieniu do zarządzania produkcją powinna realizować następujące cele: skrócenie cykli produkcyjnych, redukcja pracochłonności rekonfiguracji systemu sterowania operatywnego produkcją przy założeniu wzrostu złożoności systemu, redukcja pracochłonności i cykli ponownej walidacji i certyfikacji systemów po rekonfiguracji systemu, osiągnięcie powtórnej używalności (*re-usability*) komponentów wbudowanych systemów w różnych sektorach i na różnych platformach architektonicznych. Jest to możliwe dzięki takim funkcjom jak: energooszczędność, elastyczność, niezawodność, równoległa wymiana informacji pomiędzy wszystkimi komponentami technologii, zintegrowane działanie elementów. Ponadto inteligentne technologie działają w czasie rzeczywistym. Charakteryzują się tym, że mogą opierać swoje działanie na znacznie większym zbiorze danych niż jest w stanie przetworzyć człowiek i jednocześnie tak jak ludzie są świadome swoich działań, błędów, sukcesów oraz potrafią wyciągać wnioski na podstawie niepełnych danych. Potrafią rozważyć kilka rozwiązań danego problemu, wybrać najbardziej odpowiedni według nich wariant dopasowany do danej sytuacji (nie zawsze optymalny – mogą się mylić). Mają zdolność do uczenia się poprzez interakcję ze środowiskiem na które mogą wpływać. Ponadto są w stanie zapamiętywać dane i opierać na nich swoje przyszłe wnioskowanie.

W praktyce inteligentne technologie tworzone są głównie poprzez kombinację produktów IT – czujników, systemów monitoringu, zautomatyzowanych kontroli, modelowania i innych aplikacji wspierających podejmowanie decyzji – w bardziej inteligentny sposób [1]. Problematyka inteligentnych technologii oraz podejść do nich

stosowanych jest szeroko opisywana w książce "Open Knowledge-Driven Manufacturing & Logistics. The eScop Approach" [2]. W monografii tej przedstawione oraz szczegółowo opisane zostały m.in. potrzeba podejścia opartego na wiedzy w produkcji i logistyce oraz praktyczne wskazówki do wdrażania takich systemów. Książka opisuje również inteligentne technologie wspomagające zasady integracji na różnych poziomach, np. kontrolerów w fabryce i funkcji MES (*Manufacturing Execution Systems*). Inteligentna technologia „plug and play” pozwala na korzystanie z systemu sterowania od razu po instalacji bez konieczności jego konfiguracji. W niektórych rozwiązaniach w przypadku przerwy w dostawie energii elektrycznej wbudowana bateria pozwala na pracę systemu sterowania przez wiele godzin. Często połączenia pomiędzy urządzeniem mobilnym, serwerem i centralnym systemem sterowania są specjalnie chronione. Dla zapewnienia realizacji wszystkich wydanych poleceń, system może wysyłać do serwera potwierdzenia ich wykonania. System sterowania inteligentną technologią może współpracować z większością przeglądarek internetowych, tabletów i urządzeń mobilnych.

Do realizacji założonych funkcji coraz częściej wykorzystywane są sieci semantyczne i inżynieria ontologii, które pozwalają na adaptację inteligentnych technologii do stosowanych obszarów [3, 4]. Inżynieria ontologiczna to nauka aprioryczna, która w analizie zawartości idei odkrywa i ustala czyste możliwości oraz związki konieczne między czystymi jakościowo ideami [5]. Sieci semantyczne natomiast są zbiorem obiektów powiązanych ze sobą różnorodnymi relacjami. Stanowią one graficzną reprezentację pewnego rodzaju logiki, gdzie relacje między obiektami są przedstawione w postaci rysunku – grafu, w którym obiekty to węzły, a relacje to gałęzie. Obszary zastosowań tych dziedzin nauki to głównie informatyka, produkcja i logistyka. Bardzo ważne jest również to, że inteligentne technologie powinny być bezpieczne dla społeczeństwa oraz przyjazne dla środowiska naturalnego [6].

Ocena inteligentnych technologii jest zadaniem trudnym zarówno pod względem merytorycznym, jak i metodycznym. Celem niniejszego opracowania jest przedstawienie wybranych dylematów pojawiających się podczas realizacji procesu oceny inteligentnych technologii, a także propozycja kompleksowego modelu umożliwiającego przeprowadzenie holistycznej oceny dotyczącej tego czy w danych warunkach bardziej opłaca się zaprojektować czy kupić nową technologię (oczywiście w sytuacji w której zapadnie już decyzja o potrzebie jej posiadania co jest odrębnym problemem badawczym).

Zanim podjęta zostanie decyzja o zaprojektowaniu bądź zakupie inteligentnej technologii, należy dokonać jej całościowej oceny w wielu płaszczyznach takich jak: społeczna, środowiskowa, techniczna, ekonomiczna, finansowa czy prawna. Przeprowadzenie tego rodzaju oceny umożliwi weryfikację tezy dotyczącej ewentualnego sukcesu rynkowego uzyskanego poprzez inwestowanie w rozwój badanej technologii [7]. Pytanie badawcze powinno brzmieć: jakie są najważniejsze wymiary i mierniki służące ocenie inteligentnych technologii i w jaki sposób odpowiedzialne są one za realizację celów, jakie mają one spełniać? Jeżeli przyjmie się takie założenie, to należy poszukać modelu oceny, który pozwoli nie tylko na proste sumowanie skutków, ale pomoże w rozumieniu zależności i interakcji pomiędzy różnymi typami wymiarów i mierników wynikających ze złożoności oraz nowoczesności inteligentnych technologii. W tak określonym modelu niezbędne są narzędzia do szczegółowych analiz, ale także metody agregowania ich wyników na kolejnych etapach oceny.

Takie spojrzenie na problem można nazwać holistycznym podejściem do oceny [6, 8] inteligentnych technologii. Podejście to wydaje się być w pełni zasadne biorąc pod uwagę stale rosnące znaczenie ochrony środowiska naturalnego oraz społeczną odpowiedzialność

biznesu [9]. Równie ważne są aspekty ekonomiczne, finansowe i techniczne, gdyż to one szczególnie w początkowych etapach oceny warunkują decyzję o dalszych pracach nad inteligentną technologią. Budowa modelu oceny uwzględniającego wszystkie wymienione wyżej wymiary nie jest łatwa i wymaga doboru metod uwzględniających odpowiednie kryteria oceny. W tabeli poniżej zaprezentowano wybrane kryteria doboru metod, które powinny mieć zastosowanie w procesie oceny inteligentnych technologii (tabela 1).

Tab. 1. Wybrane kryteria doboru metod oceny inteligentnej technologii

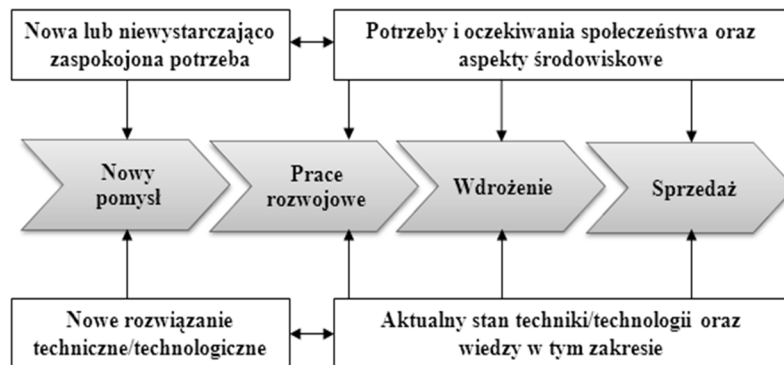
Kryterium	Charakterystyka
Szybkość oceny	Czas niezbędny do przeprowadzenia oceny inteligentnej technologii nie powinien opóźniać ewentualnego procesu jej komercjalizacji
Wiarygodność	Przeprowadzona ocena inteligentnej technologii powinna zawierać rzetelną informację w zakresie ponoszonych nakładów, oczekiwanych efektów oraz możliwości jej rynkowego wdrożenia
Obiektywizm	Ocena inteligentnej technologii powinna opierać się na niezależnych danych i opiniach oraz wskazywać alternatywne obszary jej zastosowania
Standaryzacja	Umożliwia porównywanie konkurencyjnych rozwiązań na etapie selekcji oraz zapewnia analizę i ocenę każdego przypadku według tej samej procedury
Adekwatność	W przypadku podjęcia decyzji o zaprojektowaniu bądź zakupie inteligentnej technologii umożliwia wybór wariantu zgodnie z przyjętymi kryteriami komercjalizacji, co pozwala np. dopasować proces komercjalizacji do specyficznych warunków funkcjonowania organizacji wdrażającej daną inteligentną technologię

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [7].

Procesowi oceny inteligentnych technologii towarzyszą różnorodne dylematy metodologiczne. W tabeli 1 przedstawiono szereg kryteriów doboru metod mogących mieć zastosowanie w procesie oceny inteligentnych technologii, w tym m. in. szybkość oceny, wiarygodność, obiektywizm, standaryzacja i adekwatność. Podsumowując powyższe rozważania, podkreślić należy, iż proces oceny inteligentnych technologii stawia osobom dokonującym analizy technologii wysokie wymagania merytoryczne i metodyczne. Ponadto trudno jest znaleźć spójną i kompleksową metodę oceny inteligentnej technologii, która pozwoli uzyskać jednoznaczną i klarowną odpowiedź na pytanie: czy bardziej opłaca się kupić gotową technologię czy zainwestować w jej zaprojektowanie? Wskazane jest zatem prowadzenie poszukiwań mających na celu wypracowanie odpowiedniej metodyki badawczej do oceny inteligentnych technologii w celu uzyskania odpowiedzi na to ważne pytanie.

2. Przegląd metod, narzędzi i instrumentów oceny technologii

W literaturze przedmiotu występują braki w zakresie koncepcji metodycznych oceny inteligentnych technologii. Sytuację tę wytłumaczyć można złożonością tego procesu oraz dużym zróżnicowaniem analizowanych technologii, a także faktem, że technologie kryjące się pod pojęciem „inteligentne” funkcjonują w przemyśle stosunkowo niedługo. Ocenę inteligentnych technologii należy traktować jako złożony proces, którego podstawę powinny stanowić etapy powstawania inteligentnej technologii przedstawione na rys. 1.



Rys. 1. Ogólny schemat powstawania inteligentnych technologii
 Źródło: Opracowanie własne na podstawie [10, 11].

Najogólniej podział metod oceny technologii można przedstawić w następujący sposób:

- 1) jakościowe:
 - ocena opisowa,
 - lista pytań kontrolnych (decyzja tak/nie).
- 2) ilościowe:
 - ujęcie wartościowe (pieniężne),
 - ujęcie niewartościowe (niepieniężne).

Do oceny inteligentnych technologii zastosować można metody powszechnie znane w teorii i praktyce zarządzania, jak np. analiza SWOT, benchmarking czy ocena punktowa [7]. Wydaje się jednak, że są one zbyt ogólne, a uzyskane dzięki nim wyniki mogą być jedynie wstępną wskazówką dotyczącą tego czy warto prowadzić dalsze, znacznie bardziej pogłębione badania i analizy. Oprócz metod wyżej wymienionych, stosować można również różnorodne techniki statystyczne użyteczne w wyznaczeniu przyszłego popytu na inteligentne technologie. W zależności od potrzeb badania, w przypadku bardziej złożonych technologii zaleca się stosowanie prognozowania eksploracyjnego, które zakłada badanie przyszłych scenariuszy rozwoju sytuacji w kilku wariantach. Wśród nich najbardziej rozpowszechnione metody to: badania ankietowe klientów lub rynków, analizy wewnętrzne (np. burza mózgów), metoda delficka lub opinie ekspertów czy scenariusze rozwoju sytuacji [11]. Do często stosowanych przy ocenie technologii należą również metody: współczynnikowe, inwestycyjne, punktacji mieszanej, matematyczne, listy kontrolnej [10].

Wymienione metody mogą służyć ocenie inteligentnych technologii, jednak po ich analizie należy stwierdzić, że posiadają one pewne ograniczenia i nie do końca uwzględniają ich specyfikę. Są one przeważnie uniwersalne, w ograniczonym stopniu spójne z celami otoczenia, mają niski poziom możliwości uczenia się oraz ich zastosowanie jest dość pracochłonne. To wszystko powoduje, że uzyskane dzięki nim wyniki mogą nie być zadawalające i jedynie w uproszczonym stopniu dawać odpowiedź na postawione pytanie badawcze. Powinno się więc je stosować jedynie w przypadku chęci generalnego rozpoznania danej inteligentnej technologii, nie zagłębiając się w jej złożoność, specyfikę i właściwości.

Inteligentne technologie wymagają oceny w każdym z etapów cyklu życia, ze szczególnym naciskiem na pierwsze dwa: nowego pomysłu i prac rozwojowych. To te dwa poziomy są najważniejsze jeśli chodzi o podjęcie decyzji o zaprojektowaniu bądź zakupie

inteligentnej technologii. Jest to jednak zadanie niesłychanie ciężkie, gdyż w początkowych fazach prac rozwojowych często brakuje wiarygodnych informacji, zarówno tych pochodzących z rynku (np. oczekiwania klienta, kryteria etyczne, kulturowe, narodowe), jak również tych dotyczących np. skutków oddziaływań potencjalnej inteligentnej technologii na społeczeństwo i środowisko.

Opracowując procedurę oceny inteligentnej technologii można bazując na doświadczeniu praktycznym oraz odnosząc się do dostępnych w literaturze sposobów ocen dostępnych technologii, uwzględnić następujące aspekty [7]:

- identyfikacja i zapewnienie wsparcia interesariuszy,
- identyfikacja statusu własności intelektualnej,
- określenie potencjalnych rynków zbytu dla inteligentnej technologii,
- identyfikacja zasobów niezbędnych do komercjalizacji i rozwoju inteligentnej technologii,
- potencjalne zagrożenia (ryzyko) związane z komercjalizacją inteligentnej technologii,
- ocena punktowa inteligentnej technologii oraz przygotowanie rekomendacji w zakresie jej komercjalizacji.

Przegląd proponowanych cech metod oceny nasuwa wniosek, iż większość z nich nawiązuje do analizy strategicznej, stanowiącej pierwszą fazę planowania strategicznego [12]. Zatem wykorzystanie metod planowania strategicznego może usprawnić proces oceny inteligentnej technologii, wskazując na jej mocne i słabe strony oraz szanse i zagrożenia płynące z otoczenia. Wykorzystanie analizy strategicznej pozwoli określić perspektywy wykorzystania inteligentnej technologii w przyjętym przedziale czasowym oraz odpowiednio opracować opcje strategiczne dotyczące możliwości jej praktycznego wykorzystania [13].

Warto zaznaczyć, iż dobierając i stosując odpowiednie metody oceny, należy uwzględnić stopień trudności wykorzystania różnych metod oraz poziom przygotowania merytorycznego osób je stosujących. Na przykład powszechnie wykorzystywana analiza SWOT będąca jedną z najpopularniejszych heurystycznych technik analitycznych służąca do porządkowania informacji, należąca do grupy metod zintegrowanych, zajmuje szczególnie miejsce w planowaniu strategicznym [12]. Bywa ona stosowana we wszystkich obszarach planowania strategicznego jako uniwersalne narzędzie pierwszego etapu analizy strategicznej. W naukach ekonomicznych jest wykorzystywana m. in. do analizy wewnętrznego i zewnętrznego środowiska danej organizacji, analizy danego projektu, rozwiązania biznesowego czy też technologii. Ponieważ jest ona metodą ogólną wymaga specjalnej adaptacji do konkretnie rozpatrywanego zagadnienia (np. określenie specyfiki inteligentnej technologii, zakresu jej oddziaływania, wpływu na realizację celów organizacji itp.). Wynika to nie tylko z jej upowszechnienia i identyfikowania jednoznacznie z problematyką strategii organizacji, ale również z uznawania jej za niemal najdoskonalszy instrument jednoczesnego badania otoczenia i przedsiębiorstwa oraz formułowania długofalowej koncepcji ich rozwoju. Stosowanie tego narzędzia badawczego wymaga uwzględnienia technik szczegółowych w procesie badawczym (np. macierz porównań parami, ustalenie wag, wskaźników spójności). Zaslugującym na uwagę przykładem wykorzystania tej metody do oceny perspektyw rozwoju nowych technologii (nanotechnologii) był projekt realizowany przez Politechnikę Białostocką – Foresight technologiczny „NT FOR Podlaskie 2020” Regionalna Strategia Rozwoju Nanotechnologii [14]. Dzięki wynikom badań uzyskanych w efekcie wykonanych przez zespoły eksperckie analiz opracowano raport SWOT, a także uzyskano wyniki analizy, której głównym celem

była identyfikacja aktualnego stanu rozwoju nanotechnologii w województwie podlaskim oraz określenie mocnych i słabych stron danego sektora w regionie, ze wskazaniem szans i zagrożeń płynących z otoczenia zewnętrznego. Jest to ciekawy przykład wykorzystania analizy SWOT w procesie oceny nowoczesnej technologii z wykorzystaniem zespołów eksperckich.

Do bardziej specjalistycznych i zaawansowanych instrumentów analizy i oceny technologii zaliczyć można m. in. [15]:

1. Wywiad technologiczny,
2. Model akceptacji technologii (MAT),
3. Prognozowanie technologiczne,
4. Foresight technologiczny,
5. Technology Assessment (TA).

Szeroko opisywane w literaturze metody, które zwykle stają się narzędziami oceny technologii wspierają procesy:

- podjęcia decyzji o kontynuacji bądź przerwaniu projektu dotyczącego zaprojektowania technologii,
- negocjacji z dostawcami, odbiorcami, pośrednikami technologii,
- wyceny wartości przedsiębiorstwa.

Odpowiedź na pytanie czy warto zainwestować w projekt inteligentnej technologii lub kupić gotowe już rozwiązanie nie byłoby możliwe bez jej gruntownej analizy głównie z punktu widzenia wartości użytkowej, a następnie oceny. Stosowane technologie stanowią zwykle składnik analizy potencjału organizacji i są punktem rozpoczęcia opracowania jej strategii rozwoju. Nie jest to proces zorientowany wyłącznie na ocenę sprawności technicznej i ekonomicznej racjonalności. Zgodnie z dzisiejszymi trendami proces ten powinien obejmować obok analiz ekonomicznych i technicznych, również badanie aspiracji grup społecznych i ekologicznych oraz konsekwencji prawnych, które mogą wynikać z wdrożenia określonej inteligentnej technologii.

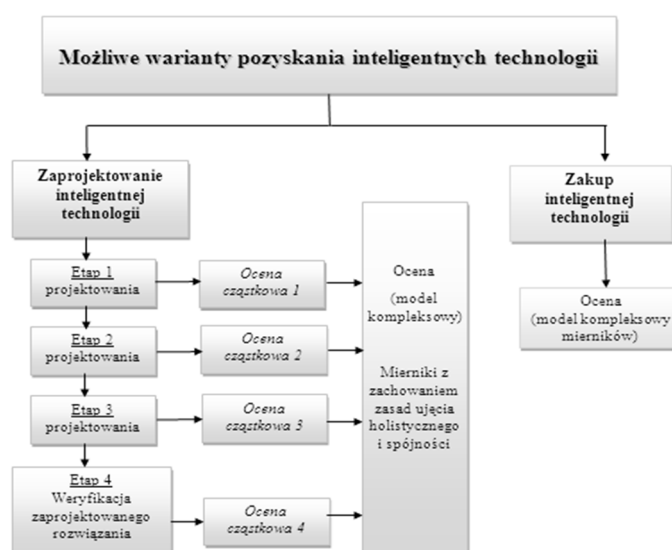
Wydaje się, że systematyczne stosowanie metod analizy i oceny inteligentnych technologii może pozwolić osiągnąć wymierne korzyści, z których najważniejsze to [15]:

- określenie prawdopodobnego wpływu inteligentnej technologii na społeczeństwo, gospodarkę, politykę, ekologię i kulturę,
- rozpoznanie potencjalnych możliwości rozwoju inteligentnej technologii,
- zmniejszenie ryzyka wynikającego ze stosowania inteligentnej technologii,
- skoncentrowanie się na najważniejszych aspektach wykorzystania inteligentnej technologii,
- umożliwienie wielostronnych konsultacji pomiędzy różnymi grupami interesu oraz stworzenie płaszczyzny porozumienia pomiędzy nimi,
- podjęcie racjonalnej decyzji o wykorzystaniu inteligentnej technologii.

Próby analizy i oceny inteligentnej technologii powinny mieć na celu zapewnienie racjonalnych przesłanek wyboru danej technologii w procesie decyzyjnym. Nie zawsze dokonane wybory będą w pełni trafne. Jednak, dzięki wykorzystywaniu sprawdzonych w praktyce narzędzi, wybory te są bardziej racjonalne, ponieważ można na przykład dzięki nim ograniczyć niepewność, która zawsze towarzyszy temu wyborowi. Narzędzia analizy i oceny technologii pozwalają na zdefiniowanie przez specjalistów obszarów, w których technologia powinna być dalej rozwijana i stosowana. Dodatkowo, można zaobserwować, jakie założenia, czy też obawy kryją się przy rozpatrywaniu decyzji o wykorzystaniu (bądź nie) danej technologii oraz jakie ryzyko występuje przy różnych sposobach jej wdrażania.

3. Model oceny inteligentnych technologii

Z powodu niedoskonałości istniejących w literaturze metod i narzędzi oceny inteligentnych technologii zaproponowany został kompleksowy model mierników, który pozwala na uzyskanie odpowiedzi na pytanie: czy warto zaprojektować/kupić inteligentną technologię (rys. 2)? Bardzo często mierniki (tab. 2) należy wyznaczać za pomocą przeznaczonych do tego grup metod i narzędzi, co w znacznym stopniu ułatwi ich interpretację oraz ocenę (np. wysoka wartość NPV pozwala przypisać ocenę pozytywną „+”). Godne podkreślenia jest również to, że w przypadku decyzji o zaprojektowaniu inteligentnej technologii należy przeprowadzać oceny cząstkowe, aby uniknąć sytuacji w której nastąpi przeinwestowanie w stosunku do zamierzonych efektów.



Rys. 2. Podstawowe opcje pozyskania inteligentnej technologii

Tab. 2. Mierniki służące podjęciu decyzji o zaprojektowaniu/zakupie inteligentnej technologii

	Miernik	Jednostka	Symbol	Ocena (-,0,+)	Waga (0-1)
Wymiar ekonomiczny	Okres zwrotu nakładów pieniężnych	[lata]	E ₁		1
	Prosta stopa zwrotu kapitału własnego	[%]	E ₂		1
	Prosta stopa zwrotu kapitału własnego i obcego	[%]	E ₃		0,8
	Wartość bieżąca netto (NPV)	[euro]	E ₄		0,9
	Wewnętrzna stopa zwrotu (IRR)	[%]	E ₅		0,9
	Wskaźnik rentowności inwestycji (ROI)	[%]	E ₆		0,8
	Udział nakładów własnych w inwestycji	[%]	E ₇		0,8
	Konkurencyjność rynkowa	wysoka/niska	E ₈		0,6
	Koszty zakupu patentów i licencji	[euro]	E ₉		0,6
	Koszty projektu / wdrożenia	[euro]	E ₁₀		0,8
	Ryzyko poniesienia strat (spodziewane efekty w stosunku do zagrożeń)	wysokie/niskie	E ₁₁		0,8
	Zysk	[euro]	E ₁₂		1
	Wydajność ekonomiczna	[%]	E ₁₃		0,5
	Kosztochłonność	[euro]	E ₁₄		0,6

	Dynamika rynku	wysoka/niska	E ₁₅	0,8
	Wartość rynku	[euro]	E ₁₆	0,7
	Potrzeba dodatkowych zasobów	tak/nie	E ₁₇	0,6
	Suma wag			13,2
	Poziom istotności (1-5)			5
Wymiar technologiczny	Potrzeba restrukturyzacji	tak/nie	T ₁	0,8
	Potrzeba reorganizacji parku maszynowego (zmiana, zakup maszyn)	tak/nie	T ₂	0,8
	Dostępność dóbr komplementarnych	tak/nie	T ₃	0,6
	Substytucyjność technologii	tak/nie	T ₄	0,6
	Czas wdrożenia technologii	[lata]	T ₅	0,9
	Stopień realizacji pomysłu (stan zaawansowania prac)	[%]	T ₆	0,7
	SLA, umowa między firmami o utrzymaniu produktu po oddaniu produktu do użytku (<i>Service Desk</i>)	tak/nie	T ₇	0,4
	Rozwiązanie indywidualne lub powielane dla konkretnego podmiotu	indywidualne/powielane	T ₈	0,3
	Zgodność technologii ze standardami (np. normy ISO)	tak/nie	T ₉	0,5
	Żywotność technologii	[lata]	T ₁₀	0,5
	Innowacyjność/unikalność technologii	wysoka/niska	T ₁₁	0,7
	Elastyczność technologii do wprowadzania zmian, rozbudowy	wysoka/niska	T ₁₂	0,7
	Ryzyko opóźnienia we wdrożeniu technologii	wysokie/niskie	T ₁₃	0,4
	Prawdopodobieństwo realizacji pomysłu	0<p<1	T ₁₄	0,8
	Sposób testowania technologii	łatwy/trudny	T ₁₅	0,4
	Ryzyko nieosiągnięcia zamierzonych parametrów techniczno-użytkowych	wysokie/niskie	T ₁₆	0,8
	Faza cyklu życia technologii oraz cykli życia produktów do których może być ona wykorzystana	powstanie, rozwój, dojrzałość, schyłek	T ₁₇	0,6
Suma wag			10,5	
Poziom istotności (1-5)			5	
Wymiar ochrony środowiska	Energochłonność	[kWh/m ²]	SR ₁	0,4
	Potencjał niszczenia warstwy ozonowej (ODP)	tak/nie	SR ₂	0,4
	Potencjał tworzenia efektu cieplarnianego (HGWP)	tak/nie	SR ₃	0,4
	Horyzont czasowy oddziaływania danej substancji (ITH)	[lata]	SR ₄	0,3
	Możliwość recyklingu	tak/nie	SR ₅	0,4
	Odnawialność komponentów	tak/nie	SR ₆	0,4
	Wpływ na środowisko naturalne	wysoki/niski	SR ₇	0,6
	Wykorzystanie zasobów naturalnych	[t]	SR ₈	0,5
	Wykorzystanie zasobów nieodnawialnych	[t]	SR ₉	0,5
	Hałas	[dB]	SR ₁₀	0,6
	Bezpieczeństwo dostawy technologii do klienta	wysokie/niskie	SR ₁₁	0,4
	Zwiększenie udziału energii produkowanej z odnawialnych źródeł energii	[%]	SR ₁₂	0,5
	Racjonalizacja wykorzystania energii	tak/nie	SR ₁₃	0,5
	Odpady/marnotrawstwo	[t]	SR ₁₄	0,5
	Możliwość katastrofy ekologicznej	tak/nie	SR ₁₅	0,3
Suma wag			6,7	
Poziom istotności (1-5)			3	

Wymiar społeczny	Feedback społeczeństwa (badania odbioru rynku)	pozytywny/negatywny	S ₁		0,8
	Dostępność fachowców (wykwalifikowanej kadry)	tak/nie	S ₂		1
	Zaufanie klienta (jakość wykonania technologii, długość gwarancji)	tak/nie	S ₃		0,9
	Rozległość kampanii reklamowych	wysoka/niska	S ₄		0,7
	Rozpoznawalność technologii	tak/nie	S ₅		0,7
	Atrakcyjność technologii pod względem konsumenckim	wysoka/niska	S ₆		0,8
	Akceptacja danej technologii przez społeczeństwo	tak/nie	S ₇		1
	Łatwość użycia, obsługi technologii	wysoka/niska	S ₈		0,7
	Ryzyko złego odbioru społecznego technologii	wysokie/nisko	S ₉		0,9
	Zamożność społeczeństwa	wysoka/niska	S ₁₀		0,4
	Suma wag				
Poziom istotności (1-5)					4
Wymiar prawny	Zgodność projektu technologii oraz jej funkcjonowania z regulacjami prawnymi danego kraju	tak/nie	P ₁		0,9
	Zgodność projektu technologii oraz jej funkcjonowania z wytycznymi i dyrektywami UE	tak/nie	P ₂		0,9
	Ochrona własności intelektualnej	tak/nie	P ₃		0,7
	Legalne zabezpieczenie pomysłu	tak/nie	P ₄		0,8
	Trudność uzyskania dodatkowych zezwoleń formalno-prawnych	wysoka/niska	P ₅		0,9
	Wynik audytu technologicznego	pozytywny/negatywny	P ₆		0,6
	Suma wag				
Poziom istotności (1-5)					3
Maksymalny możliwy wynik do uzyskania					189,4

Tabela 2 zawiera zbiór mierników wraz z przypisanymi im jednostkami, symbolami oraz wagami. Każdy z mierników przyporządkowano do jednego z pięciu najważniejszych wymiarów jeśli chodzi o wstępną ocenę inteligentnej technologii. Mierniki mają charakter zarówno ilościowy jak i jakościowy (aby ocena była możliwie kompleksowa i wszechstronna) oraz przydzieloną wagę, która wskazuje ich istotność w procesie oceny (0-1, gdzie 1 to bardzo istotny). Wagi powinny zostać przypisane w sposób arbitralny i zależeć głównie od wiedzy i doświadczenia osób przeprowadzających ocenę oraz w oparciu o literaturę dotyczącą oceny technologii (w przedstawionym przykładzie wagi zostały dobrane przez autora). Następnie każdy z mierników powinien zostać poddany szczegółowej analizie (ilościowej bądź jakościowej, za pomocą konkretnych metod i narzędzi np. matematycznych, heurystycznych itp.) oraz określić czy ma on wpływ pozytywny, neutralny czy negatywny na decyzję o zaprojektowaniu/zakupie inteligentnej technologii. Dla przykładu jeżeli czas wdrożenia technologii [T₅] w konkretnym przypadku jest krótki to ocena powinna być pozytywna i do wagi należy przypisać „+”, jeżeli natomiast jest bardzo długi to powinno przypisać się „-”. W razie problemów w ocenie bądź wartości pomiędzy korzystną, a niekorzystną należy wstawić „0”. W związku z tym, że rozpatrywane wymiary nie zawsze muszą w równym stopniu wpływać na podjęcie decyzji o zaprojektowaniu/zakupie inteligentnej technologii również im należy przydzielić określony poziom istotności wg skali Likerta (0-5, gdzie 5 to bardzo ważne). Pozwoli to na wskazanie, które obszary są dla podejmującego decyzję najważniejsze. Również w tym wypadku poziom istotności zależy głównie od wiedzy i doświadczenia osoby

przeprowadzającej ocenę oraz od wymiarów które są dla przedsiębiorstwa najważniejsze z punktu widzenia realizacji celów strategicznych.

Po przeanalizowaniu każdego miernika i przydzieleniu mu konkretnej wagi oraz znaków „+”, „0” lub „-”, należy zsumować wszystkie wagi z odpowiednio przypisanymi znakami w obrębie danego wymiaru. Uzyskuje się w ten sposób całkowitą sumę, którą porównać należy z maksymalnym możliwym wynikiem do uzyskania. Maksymalny możliwy wynik to suma wszystkich wag mierników w danym wymiarze, przy założeniu że przy każdej wadze stoi znak „+” (czyli wszystkie mierniki zostały ocenione pozytywnie). W takim przypadku wystarczy podzielić uzyskany wynik przez maksymalną sumę wag i uzyskuje się procentowy wskaźnik oceny. W ten sposób można oceniać każdy z wymiarów oddzielnie. Aby jednak uzyskać kompleksowy i całościowy model oceny należy uzyskane wyniki w każdym wymiarze pomnożyć przez ich poziom istotności i zsumować porównując z maksymalnym wynikiem możliwym do uzyskania (w tym wypadku 189,4). Model ten wyrażony może zostać za pomocą wzoru:

$$\text{Całkowita ocena} = \frac{\sum(\text{PI} \cdot \sum \text{wE}_1 : \text{E}_n); (\text{PI} \cdot \sum \text{wT}_1 : \text{T}_n); (\text{PI} \cdot \sum \text{wSR}_1 : \text{SR}_n); (\text{PI} \cdot \sum \text{wS}_1 : \text{S}_n); (\text{PI} \cdot \sum \text{wP}_1 : \text{P}_n)}{\sum \max(\text{PI} \cdot \sum \text{wE}_1 : \text{E}_n); (\text{PI} \cdot \sum \text{wT}_1 : \text{T}_n); (\text{PI} \cdot \sum \text{wSR}_1 : \text{SR}_n); (\text{PI} \cdot \sum \text{wS}_1 : \text{S}_n); (\text{PI} \cdot \sum \text{wP}_1 : \text{P}_n)} * 100\% \quad (1)$$

gdzie: PI – poziom istotności,

w – waga,

E, T, SR, S, P – przyjęte wymiary (ekonomiczny, technologiczny, środowiskowy, społeczny, prawny).

Dla przyjętych w tabeli 2 wag oraz poziomów istotności maksymalny możliwy wynik do uzyskania zgodnie z mianownikiem wzoru 1 to:

$$\sum \max(\text{PI} * \sum \text{wE}_1 : \text{E}_n); (\text{PI} * \sum \text{wT}_1 : \text{T}_n); (\text{PI} * \sum \text{wSR}_1 : \text{SR}_n); (\text{PI} * \sum \text{wS}_1 : \text{S}_n); (\text{PI} * \sum \text{wP}_1 : \text{P}_n) = 5 * 13,2 + 5 * 10,5 + 3 * 6,7 + 4 * 7,9 + 4 * 4,8 = \mathbf{189,4}$$

Dla przykładu można podać, że gdyby suma wszystkich wag z wszystkich wymiarów po ich analizie i przypisaniu odpowiednich znaków oraz uwzględnieniu poziomów istotności każdego wymiaru wyniosła 161, to przy danej maksymalnej możliwej do uzyskania wartości procentowy wskaźnik wyniósłby 85% ($[161/189,4] * 100\%$). Dzięki tej informacji osoby przeprowadzające ocenę mogą stwierdzić jaką decyzję należy podjąć. Im wyższy wskaźnik tym większe szanse na sukces rynkowy danej inteligentnej technologii.

Warto podkreślić, że w przypadku decyzji o zaprojektowaniu technologii, należy przeprowadzać analizy cząstkowe w kolejnych fazach projektu i porównywać wartości otrzymywanego wskaźnika. Jeśli jego wartość spadnie poniżej pewnego poziomu ustalonego przez np. najwyższe kierownictwo to warto zastanowić się nad dalszym inwestowaniem w technologię. Oczywiście dodać należy, że szczególnie w pierwszych ocenach cząstkowych wartość wskaźnika powinna być możliwie jak najwyższa, by uniknąć sytuacji w której zainwestuje się już ogromne pieniądze i ciężko będzie się wycofać, mimo dalszych negatywnych (niezadawalających) wyników ocen.

4. Podsumowanie i wnioski

Znaczenie poruszanego w artykule tematu wzrasta w ostatnich latach. Wynika to z dużej intensywności powstawania i wdrażania inteligentnych technologii w zakresie ICT,

biomechaniki, komunikacji itp. oraz konieczności ich racjonalnej ewaluacji. Model oceny tego typu rozwiązań w kontekście podjęcia decyzji o zaprojektowaniu bądź zakupie inteligentnej technologii powinien mieć charakter kompleksowy oraz przyjmować paradygmat, który zakłada równowagę gospodarki, społeczeństwa i środowiska, ale uwzględnia również czynniki technologiczne danego rozwiązania czy uwarunkowania prawne jego stosowania.

Celem opracowania była próba określenia zasad oceny inteligentnych technologii oraz zaproponowanie modelu, który pozwoli na uzyskanie wiarygodnej odpowiedzi na pytanie badawcze: kiedy warto podjąć decyzję o zaprojektowaniu/zakupie inteligentnej technologii. Został on w znacznym stopniu zrealizowany. Za najważniejsze osiągnięcia niniejszej pracy można uznać:

1. określenie specyfiki inteligentnych technologii,
2. opis uwarunkowań i kryteriów doboru metod oceny inteligentnych technologii,
3. przegląd, charakterystyka i analiza wybranych metod, narzędzi i instrumentów oceny technologii oraz wyselekcjonowanie tych, które są najbardziej adekwatne do poruszanej problematyki,
4. autorski model oceny inteligentnej technologii mający wymiar holistyczny i spójny oraz przykładowy schemat obliczeń w oparciu o przyjęte wagi zaproponowanych mierników oraz poziomy istotności przyjętych wymiarów.

Określenie zalet i wad proponowanego modelu oceny stanowi podsumowanie zaproponowanego rozwiązania teoretycznego, które powinno jak najszybciej być zweryfikowane w praktyce gospodarczej. Zalety wynikają głównie z samego charakteru modelu i można zaliczyć do nich: kompleksowość; sekwencyjność procesu oceny (trójstopniowość tj. przyjęcie zasady: ujęcia holistycznego – mierniki – waga – ocena); otwartość, która pozwala na bezpośrednie uwzględnienie w ocenie czynnika ludzkiego i społecznego; dużą elastyczność i łatwą adaptacyjność, co pozwala na zachowanie kompatybilności z funkcjonującymi w warunkach rzeczywistych systemami oceny; łatwość przeprowadzania obliczeń. Wady, podobnie jak zalety, wiążą się z przyjętym paradygmatem modelu i można zaliczyć do nich trudności w ocenie specyfiki rozwiązania, uzyskaniu odpowiedniej szczegółowości oceny, ocenie elementów strukturalnych z punktu widzenia możliwości zastosowania modelu oraz w wielu przypadkach braku ilościowych wartości analizowanych mierników.

Podjęty problem badawczy nie został jednak rozwiązany do końca. Przyczyną tego stanu rzeczy jest otwartość listy mierników poszczególnych wymiarów, a także brak weryfikacji praktycznej proponowanego modelu (wynika to z braku danych przemysłowych). Dalszego dopracowania wymaga także sposób obliczania zależności pomiędzy poszczególnymi grupami mierników i wymiarami. Istota poruszanej problematyki z punktu widzenia teorii podejmowania decyzji, wydaje się być na tyle duża, że dalsze próby opracowania kompleksowego i spójnego modelu oceny inteligentnych technologii w zakresie decyzji o zaprojektowaniu/zakupie powinny być podejmowane w przyszłości.

Literatura

1. Kash W.: Smart technology is secure technology [dokument elektroniczny]. <https://gcn.com/articles/2009/06/29/editors-desk-commentary-smart-technology-is-secure-technology.aspx> [data dostępu: 29.12.2015].

2. Strzelczak S., Balda P., Garetti M., Lobov A. (red.): Open Knowledge-Driven Manufacturing & Logistics. The eScop Approach. Warsaw University of Technology Publishing House, Warsaw, 2015.
3. Strzelczak S.: Ontology-Aided Management. Silesian University of Technology Series in Management, No. 73, 2014, pp. 619-630.
4. Strzelczak S.: Ontology-Aided Manufacturing and Logistics [in:] Strzelczak S., Balda P., Garetti M., Lobov A. (red.) Open Knowledge-Driven Manufacturing & Logistics. The eScop Approach. Warsaw University of Technology Publishing House, Warsaw, 2015, pp. 23-50.
5. Encyklopedia PWN. Tom 12, Warszawa, 2005, s. 467.
6. Marciniak S.: Holistic System of Evaluation of Production Systems Efficiency [in:] Strzelczak S., Balda P., Garetti M., Lobov A. (red.) Open Knowledge-Driven Manufacturing & Logistics. The eScop Approach. Warsaw University of Technology Publishing House, Warsaw, 2015, pp. 95-108.
7. Kalinowski B., Uryszek T.: Zasady komercjalizacji i finansowania innowacyjnych rozwiązań [w:] Markiewicz D. (red.) Komercjalizacja wyników badań naukowych krok po kroku. Centrum Transferu Technologii Politechnika Krakowska, Kraków, 2009, s. 43-44.
8. Marciniak S.: Technology Evaluation Using Modified Integrated Method of Technical Project Assessment. APMS Conference, session: "Ontology-aided Production - Towards Open and Knowledge-driven Planning and Control", Tokyo, 2015.
9. Marciniak S., Ejsmont K.: Ocena efektywności zintegrowanych systemów produkcyjnych w ujęciu holistycznym – podejście jakościowe. Przegląd Organizacji, nr 06/2015, 2015, s. 25-33.
10. Buczacki A.: Ocena technologii w praktyce biznesowej przedsiębiorstwa usługowego. Innowacje w Przedsiębiorstwach – Klub Innowacyjnych Przedsiębiorstw, Prezentacja z Projektu realizowanego na zlecenie PARP przez konsorcjum: ECORYS Sp. z o.o., Polskie Towarzystwo Socjologiczne, Agencja Reklamowo-Wydawnicza Grzegorzcyk.
11. Tidd J., Bessant J.: Zarządzanie innowacjami. Integracja zmian technologicznych, rynkowych i organizacyjnych. Wyd. Wolters Kluwer, Warszawa, 2011.
12. Lisiński M.: Metody planowania strategicznego. Wyd. PWE, Warszawa, 2004.
13. Szarucki M.: Dylematy doboru metod oceny technologii [dokument elektroniczny]. http://nig.creatyvni.pl/index.php?option=com_content&view=article&id=511:dylematy-doboru-metod-oceny-technologii&catid=39:artykuly&Itemid=108 [data dostępu: 29.12.2015].
14. Foresight technologiczny NT FOR Podlaskie 2020, Regionalna Strategia Rozwoju Nanotechnologii: <http://ntfp2020.pb.edu.pl/> [data dostępu: 29.12.2015].
15. Karczewska M., Materzok J., Skonieczny J.: Współczesne narzędzia oceny technologii. Monografia: Innowacje w Zarządzaniu i Inżynierii Produkcji, Wyd. PTZP, Zakopane, 2011, s. 454-462.

Mgr inż. Krzysztof EJSMONT
Instytut Organizacji Systemów Produkcyjnych
Wydział Inżynierii Produkcji, Politechnika Warszawska
02-524 Warszawa, ul. Narbutta 86, pokój 121 ST
tel./fax: (22) 234-81-23, (22) 849-01-85 / (22) 849-93-90
e-mail: krzysztof.ejsmont@wp.pl