

Opracowanie DELab UW

WSPARCIE DLA PRZEMYSŁU 4.0 W POLSCE

PROTOTYP NARZĘDZIA OCENY DOJRZAŁOŚCI CYFROWEJ
PRZEDSIĘBIORSTW PRODUKCYJNYCH



AUTORZY

Katarzyna Nosalska
Katarzyna Śledziwska
Renata Włoch
Jarosław Gracel

OPRACOWANIE GRAFICZNE
Maja Rynkowska

**Zapraszamy do sprawdzenia poziomu dojrzałości swojej firmy.
Prototyp narzędzia online dostępny jest na stronie <https://dojrzalosc40.delabapps.eu/>**

Narzędzie jest w fazie testów oraz ewaluacji. Prosimy o przesyłanie uwag do ankiety oraz propozycji rozbudowy rekomendacji na adres: przemysl4.0@delab.uw.edu.pl

Numer ISBN: 978-83-946196-6-4

DELab UW

ul. Dobra 56/66
00-312 Warszawa
tel. 22 552 70 01

www.delab.uw.edu.pl
delab@uw.edu.pl

Spis treści

Opis projektu 5

Znaczenie Przemysłu 4.0 dla gospodarki 6

Analiza porównawcza istniejących modeli dojrzałości 8

Główne wnioski i analizy 8

Założenia do modelu 9

Głosy w dyskusji 10

Model badawczy 12

Cele i zamierzenia 12

Opis modelu 13

3 filary, 12 modułów 13

Filar Technologie 14

Filar Procesy 16

Filar Organizacja 18

Kwestionariusz oceny oraz metodyka oceny 19

OPIS PROJEKTU

Projekt prototypu narzędzia do oceny dojrzałości cyfrowej przedsiębiorstw powstał na zlecenie i we współpracy z Ministerstwem Przedsiębiorczości i Technologii w ramach projektu przygotowania Platformy Przemysłu Przyszłości. Narzędzie to obejmuje najważniejsze aspekty dojrzałości cyfrowej definiowanej w kontekście założeń koncepcji Przemysłu 4.0. Docelowo posłuży on polskim przedsiębiorcom do inicjowania działań wprowadzających cyfrowe rozwiązania w firmie i fabryce oraz rozpoczęcia współpracy z Platformą Przemysłu Przyszłości.

Przemysł 4.0 to złożony proces transformacji technologicznej i organizacyjnej przedsiębiorstw, związany ze zmianą modelu biznesowego firmy i integracją łańcucha wartości w całościowym cyklu życia produktu. Warunkiem tej transformacji jest zaawansowane wykorzystanie technologii cyfrowych oraz zasobów danych w celu osiągnięcia sukcesu biznesowego oraz przewagi konkurencyjnej na rynku. Zastosowanie technologii cyfrowych oraz zmiana strategii firmy zakłada możliwość opłacalnej produkcji spersonalizowanej w odpowiedzi na zindywidualizowane potrzeby klientów.

Dojrzałość cyfrową należy rozumieć jako zdolność organizacji do budowania skutecznej strategii biznesowej oraz zdobywania przewagi konkurencyjnej poprzez wykorzystywanie rozwiązań cyfrowych.

W propozycji narzędzia do oceny dojrzałości cyfrowej skoncentrowano się na określeniu podstawowych symptomów dojrzałości cyfrowej w kontekście idei Przemysłu 4.0.

Dojrzałość cyfrowa określona jest przez wizję rozwoju możliwości firmy w wymiarach kluczowych dla Przemysłu 4.0.

NAJWYŻSZY POZIOM DOJRZAŁOŚCI OPISYWANY JEST JAKO:

- pełne wykorzystanie technologii cyfrowych w celu osiągnięcia m.in. integracji danych w łańcuchu wartości,
- maksymalizacja korzyści biznesowych płynących z dostosowywania modeli biznesowych,
- wdrażanie technologii cyfrowych w zakresie produkcji i personalizacji produktów,
- budowanie kompetencji w ramach cyfrowego ekosystemu,
- skuteczne zarządzanie i rozwijanie umiejętności pracowników.

W ramach zrealizowanych przez Autorów badań jakościowych oraz przeprowadzonej szerokiej analizy istniejących modeli dojrzałości cyfrowej wyznaczono kluczowe dla Przemysłu 4.0 wymiary, w których określono charakterystyczne dla różnych etapów rozwoju firmy symptomy cyfrowej dojrzałości. Wymiary te tworzą szkielet modelu dojrzałości oparty o trzy główne filary: organizacyjny, technologiczny i procesowy.

Pełny model wraz z opisami poziomów dojrzałości oraz listą praktycznych rekomendacji dla firm zamieszczono w [Załączniku I](#).

Znaczenie Przemysłu 4.0 dla gospodarki

Od kilku lat gorącym tematem międzynarodowych dyskusji dotyczących przyszłości przemysłu są rozważania na temat wpływu transformacji cyfrowej na ekosystem biznesowy. Wizja przemysłu przyszłości wskazuje, że przedsiębiorstwa będą funkcjonować w globalnym połączeniu cyfrowych fabryk obejmujących zautomatyzowane i inteligentne maszyny, systemy magazynowe i urządzenia produkcyjne tworzące tzw. systemy cybernetyczne (CPS). Efektem zmian będzie fundamentalne usprawnienie procesów przemysłowych związanych z produkcją, inżynierią, wykorzystaniem materiałów i łańcuchem dostaw oraz zarządzaniem cyklem życia produktów.

Informacje z wielu raportów i analiz wskazują, że Przemysł 4.0 ma ogromny potencjał w szczególności w obszarze rozwoju technologii produkcyjnych oraz nowych możliwości tworzenia wartości dla klienta, czyli wdrażania nowych modeli biznesowych. Inteligentne fabryki pozwalają bowiem spełnić indywidualne wymagania klientów, przy założeniu kosztów zbliżonych do produkcji masowej. Możliwe staje się elastyczne wprowadzanie zmian w produkcji i zapewnienie możliwości szybkiego i predykcyjnego reagowania na zakłócenia i awarie. Ponadto, zakłada się również, że Przemysł 4.0 ma wpłynąć na bardziej efektywne wykorzystywanie zasobów i energii.

Te różnorodne możliwości, duży zakres zmian i zwiększona potrzeba inwestycji sprawiają, że rozwój Przemysłu 4.0 staje się kluczowym wyzwaniem dla współczesnej gospodarki.

Powszechne zastosowanie inteligentnej technologii i czujników, a także udoskonalenie i automatyzacja procesów oraz rozwój procesów przetwarzania w chmurze, będą miały znaczący wpływ na przemysł wytwórczy i globalną gospodarkę, a zmiany te do 2030 r. wygenerują 15 bilionów dolarów globalnego PKB.

Sizing the Prize, PwC 2017

TRANSFORMACJA CYFROWA PRZEDSIĘBIORSTW PROWADZI DO:

- wzrostu podaży poprzez wzrost produktywności,
- wzrostu popytu dzięki personalizacji i dostosowania oferty do rynków klientów końcowych,
- obniżenia kosztów operacyjnych, umożliwiając firmom zrezygnowanie z arbitrażu pracy (różnicy pomiędzy wysokościami wynagrodzeń) i zwiększenie produkcji na rynkach macierzystych,
- wzrostu popytu na wykwalifikowaną siłę roboczą, podobnie jak wzrost wynagrodzeń.

Ponieważ zapotrzebowanie na wykwalifikowanych pracowników wzrasta – zwłaszcza w przypadku ekspertów posiadających umiejętności cyfrowe i analityków danych – nowe sposoby pozyskiwania i utrzymywania talentów oraz programy szkoleniowe dostosowane do Przemysłu 4.0, będą w przyszłości kluczowe dla rozwoju firm.

Pierwszym znaczącym czynnikiem napędzającym rozwój przemysłowych rozwiązań cyfrowych jest możliwość integracji danych i lepszego zarządzania łańcuchami wartości. Wg raportu PwC Industry 4.0 – *Opportunities and challenges of the industrial Internet* (2015), dzięki zastosowaniu tych technologii, firmy spodziewają się o ponad 18% wyższej wydajności do 2020 roku. Podczas gdy dziś tylko jedna piąta przedsiębiorstw przemysłowych dokonała integracji danych w ramach swoich kluczowych

procesów w łańcuchu wartości, za pięć lat 85% firm wdroży rozwiązania Przemysłu 4.0 we wszystkich ważnych działach biznesowych.

Drugim ważnym czynnikiem jest digitalizacja i wzajemne połączenie produktów i usług (Internet Rzeczy/usług). Przyczyni się to do zapewnienia konkurencyjności przedsiębiorstw oraz zapewni dodatkowe przychody średnio w wysokości od 2% do 3% rocznie. Przykładowo, dla europejskiego sektora przemysłu dodatkowe dochody z tego rodzaju wdrożeń wyniosą 110 miliardów euro rocznie.

Trzecim ważnym czynnikiem są nowo powstające, często rewolucyjne modele biznesowe, wykorzystujące technologie cyfrowe do kreowania wartości. Charakteryzują się one koncentracją na indywidualnych potrzebach klienta, integracją danych w całym łańcuchu wartości oraz nastawieniem na poszukiwanie partnerstw w ekosystemie biznesowym w celu wzmacniania kompetencji organizacji. Dzięki takim działaniom firmy są w stanie lepiej spełniać wymagania klientów.



ANALIZA PORÓWNAWCZA ISTNIEJĄCYCH MODELI DOJRZAŁOŚCI

W pierwszym etapie prac autorzy przeanalizowali literaturę oraz istniejące obecnie na rynku narzędzia do oceny dojrzałości cyfrowej.

GŁÓWNE WNIOSKI Z ANALIZY

- Zauważalne są trzy nurty oceny dojrzałości: 1) podejście koncentrujące się na technologiach i rozwiązaniach stosowanych w produkcji, 2) podejście koncentrujące się na określaniu dojrzałości w wymiarze zmian organizacyjnych, 3) podejście mieszane.
- Stosowana metodologia oceny – przeważająca liczba modeli zakłada ocenę całkowitej dojrzałości w rozbiciu na ocenę w konkretnych wymiarach, np. wg średniej arytmetycznej lub ważonej.
- Większość modeli do oceny dojrzałości cyfrowej stworzona została przez firmy konsultingowe, wykorzystujące je jako narzędzie do dalszego pogłębiania oceny w ramach prowadzonych usług.
- Modele dojrzałości często są narzędziami zamkniętymi lub półotwartymi, nie dającymi możliwości określenia dojrzałości cyfrowej w pełnym spektrum kluczowych dla Przemysłu 4.0 zdolności.
- Nieliczne ogólnie dostępne narzędzia podają listę rekomendacji wskazujących kierunek rozwoju firmy na drodze do osiągnięcia sukcesu poprzez wykorzystanie technologii cyfrowych.
- Do metody oceny poziomu dojrzałości wykorzystuje się w większości skale przedziałowe lub skale nominalne opisujące charakterystyczne dla danego poziomu scenariusze danej cechy określającej zmienną dojrzałości cyfrowej. Najczęściej ocena poziomu dojrzałości cyfrowej dokonywana jest w skali pięciostopniowej.
- Większość narzędzi kierowana jest do grupy respondentów pełniących funkcję CEO lub uzupełniająco CTO.
- W ramach przeprowadzonej analizy wyodrębniono kilka wspólnych dla wszystkich modeli obszarów: dane (integracja danych i komunikacja), produkcja (procesy, automatyzacja), technologie, ludzie (przywództwo, pracownicy), strategia, klient i rynek.

ZAŁOŻENIA DO MODELU

Biorąc pod uwagę postawione cele i założenia (zakres merytoryczny narzędzia oraz narzucony format nominalnej skali oceny) oraz wnioski z testów funkcjonalności przykładowych modeli dojrzałości, Autorzy jako inspirację do budowania polskiego narzędzia oceny dojrzałości cyfrowej wybrali przetestowany model dojrzałości oparty o Indeks Singapurski. Został on dostosowany do polskiego rynku oraz rozbudowany o dodatkowe, istotne z punktu widzenia Przemysłu 4.0, obszary.

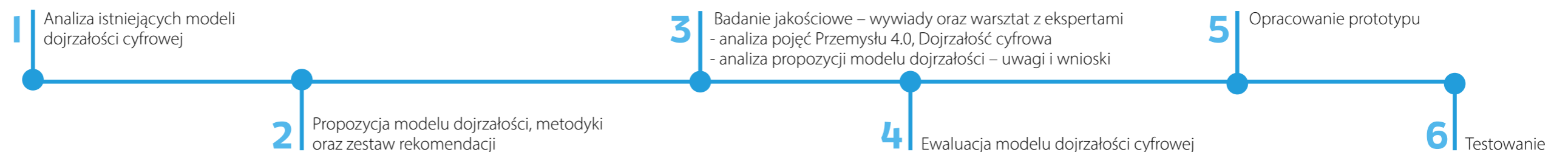
Przyjęta metodyka oraz zdefiniowanie sześciu poziomów dojrzałości umożliwia precyzyjną ocenę dojrzałości wraz z opisem uzyskanego przez respondenta poziomu dojrzałości oraz przedstawienie mu rekomendacji do dalszych działań. Nie bez znaczenia jest również ograni-

czenie liczby pytań w modelu w celu utrzymania uwagi respondenta i uświadomienia zakresu zmian, jakie stoją przed firmami w kontekście Przemysłu 4.0.

W ramach konsultacji z ekspertami różnych dziedzin dopasowano również rekomendacje ukierunkowujące działania firmy w celu podejmowania działań rozwojowych. Jest to unikalna wartość prezentowanego prototypu modelu, która nadaje mu walor praktycznego narzędzia do budowania działań strategicznych firm. Narzędzie jest aktualnie testowane na polskim rynku oraz trwają prace ewaluacyjne i rozbudowujące zestaw rekomendacji.

Wszelkie uwagi i wnioski prosimy przesyłać na adres: przemysl4.0@delab.uw.edu.pl

PROCES BUDOWY MODELU



GŁOSY W DYSKUSJI

W ramach warsztatu z ekspertami oraz przeprowadzonych wywiadów uzyskano nie tylko możliwość ewaluacji i doprecyzowania modelu, ale również zestawiono kilka ciekawych wypowiedzi dotyczących poruszanej tematyki. Poniżej prezentujemy kilka spostrzeżeń i cytatów.

CO OZNACZA PRZEMYSŁ 4.0?

Przemysł 4.0 to zmiana paradygmatów dotyczących sposobu spojrzenia na działalność przemysłową w obszarach: architektury produktów, systemów wytwarzania, modeli biznesowych i organizacji. Innymi słowami, jest to konglomerat zmian, które następują we wszystkich obszarach działalności firmy. Jest jeszcze zbyt wcześnie, by stworzyć definicję z perspektywy technologicznej lub organizacyjnej, ale można takie definicje zacząć rozwijać. W kontekście Przemysłu 4.0 mówi się o następujących transformacjach: przejście od modelu liniowego do sieciowego, przejście z modeli ubytkowych do przyrostowych, czy przejście z rozwiązań produktowych/fizycznych na modele hybrydowe.

Andrzej Soldaty, Lider Projektu Platformy Przemysłu Przyszłości

Przemysł 4.0 to dowolne zestawianie rozwiązań hardwareowych i softwareowych pozwalających na budowanie produktów i usług, które do tego czasu były albo niemożliwe albo drogie, a obecnie są albo dużo tańsze, czyli rynkowo dostępne, lub też po prostu dopiero teraz możliwe. Dowlone klocki mogą teraz być połączone z dowolnymi innymi. Pojęcie Przemysłu 4.0 jest znacznie łatwiej-

sze do zrozumienia, gdy przestajemy operować żargonem i wnosimy się ponad poziom rozwiązań stricte technologicznych, albowiem 4.0 to nie same technologie, tylko złożony proces, w którym obok technologii należy uwzględniać zmiany procesowe, zmiany organizacyjne, czy wręcz zmiany w modelu biznesowym. W efekcie, badając potencjał Przemysłu 4.0, należy na początku zastanowić się nad odpowiedzią na pytanie „Czym jeszcze może być twoja firma?” Jeżeli firma nie potrafi odpowiedzieć, powinna dobrze się zastanowić przed zakupem najnowszych technologii, bo one same w sobie nie będą odpowiedzią.

Ralph Talmont, Konsultant ds. innowacji i komunikacji

Przemysł 4.0 to suma funkcjonalności przemysłowych i zarządczych wykorzystująca nowe technologie do zwiększenia przewagi konkurencyjnej i tworzenia jednolitego ekosystemu gospodarczego. Jest to również optymalizacja stopnia zadowolenia klienta poprzez dostarczenie mu spersonalizowanych produktów i usług z uwzględnieniem sprawiedliwego podziału dóbr.

dr Marek Mierkowski, Prezes Zarządu Eurosoft Sp. z o.o.

CZYM JEST DOJRZAŁOŚĆ CYFROWA?

Dojrzała cyfrowo firma to firma, która we wszystkich swoich procesach i produktach ma świadomość dostępnych na rynku rozwiązań i wykorzystuje te, które wnoszą największą wartość do jej biznesu. Innymi słowami, niekoniecznie jest to firma, która wykorzystuje najwięcej tych narzędzi ani ta, która wykorzystuje najnowsze. Jest to taka firma, która w sposób świadomy, posiadając odpowiednio szeroką wiedzę, dobiera te narzędzia, które najbardziej pasują do jej profilu. Określenie symptomu dojrzałości firmy jest mocno uzależnione od branży, w której dana firma produkcyjna działa, ponieważ inne obszary będą wymagać cyfryzacji. Częścią wspólną jest zapewnienie odpowiedniego przepływu informacji wewnątrz kluczowego obszaru firmy. Sukces transformacji cyfrowej firmy będzie polegał na szeregu dobrych decyzji podejmowanych na bieżąco, wraz ze zmianą otoczenia. Z jednym założeniem strategicznym, że chcemy unowocześniać nasze metody i procesy – jesteśmy świadomi tego, że następuje cyfrowa rewolucja.

Dr Krzysztof Lipiec, Pełnomocnik Dyrektora PIAP

Podstawowym wyznacznikiem dojrzałości firmy jest dojrzałość pracowników. Dlatego kluczowe jest zapewnienie im możliwości ciągłego uczenia się (lifelong learning) i rozwoju kompetencji. Przy czym, ze względu na złożoność procesu transformacji cyfrowej, należy zwrócić również uwagę na tzw. umiejętności miękkie.

Dla dojrzałej cyfrowo firmy ważne jest zaangażowanie klienta w tworzenie produktu lub usługi. Dobrym pomysłem jest korzystanie z dedykowanych do tego aplikacji online, gdzie klienci na bieżąco odpowiadają na pytania, włączając się w proces projektowania produktu. Produkty firmy dojrzałej cyfrowo powinny być jak najtrwalsze z uwagi na rozwijającą się koncepcję sharing economy. Firmy nie powinny tworzyć produktów w celu sprzedaży jednej osobie, ale w celu sprzedaży społeczności, która będzie wspólnie korzystać z tego produktu, np. poprzez wynajem.

Z punktu widzenia usprawniania procesów i łączności, w dojrzałej cyfrowo firmie powinien funkcjonować skuteczny system przepływu i zarządzania wiedzą. Strategia dojrzałej firmy jest bowiem skupiona na pozyskiwaniu informacji wewnątrz i na zewnątrz organizacji. Jednak samo pozyskiwanie to nie wszystko, bo należy umieć te informacje przetworzyć.

dr Krzysztof Walas, Instytut Automatyki i Inżynierii Informatycznej, Politechnika Poznańska

Zmiana jest zasadniczą determinantą potencjału firmy. Dlatego potencjał firmy można rozumieć jako sposób nastawienia firmy na zmianę. Kluczowym jest, aby uzyskać odpowiedź na pytanie „Co możesz osiągnąć, jeśli zrozumiesz, czym jest Przemysł 4.0, i jakie korzyści przynoszą ci nowe technologie?”

dr hab. inż. Anna Timofiejczuk, Politechnika Śląska Śląskie Centrum Kompetencji Przemysłu 4.0

„Czym jeszcze może być twoja firma” to pytanie strategiczne dla wszystkich bytów ekonomicznych – tak dużych, jak i małych. Technologia jest agentem zmiany dostępnym dla wszystkich, więc jedyne pytania warte zastanowienia leżą po stronie strategicznej. W tym sensie 4.0 nakazuje zmianę myślenia i bardzo szerokiego spojrzenia na kontekst działalności każdej firmy – umożliwi małym firmom konkurowanie z dużymi z perspektywy szybkości generowania rozwiązań i ich egzekucji. Sposobu osiągnięcia celu nikt już nie jest w stanie określić od początku do końca. Skoro w zasadzie wszystko już może być zbudowane, albo niebawem będzie mogło być zbudowane, kluczowymi wartościami biznesowymi są wyobrażenia (co chcemy wymyślić) i kreatywność (jak to wymyślić), a decyzje strategiczne muszą być podejmowane bardzo szybko i walidowane jeszcze szybciej.

Ralph Talmont, Konsultant ds. innowacji i komunikacji



MODEL BADAWCZY

CELE I ZAMIERZENIA

Wszystkie firmy produkcyjne stoją przed wyzwaniem stawianym przez zmiany spowodowane transformacją cyfrową. Przemysł 4.0 jest też dla nich szansą na osiągnięcie przewagi konkurencyjnej oraz rozwoju biznesu w nowych obszarach w oparciu o nowe modele biznesowe. Firmy postrzegają Przemysł 4.0 jako możliwość wzmocnienia efektywności organizacyjnej i produktywności swojej firmy.

Jak wskazuje wiele badań, tempo wdrażania Przemysłu 4.0 jest nierównomierne pomiędzy różnymi krajami, sektorami czy firmami. Aktywne firmy wciąż poszukują odpowiedzi na pytanie, w jaki sposób można wykorzystać technologie cyfrowe do zwiększenia efektywności, zysku, przewagi oraz wyróżnienia się na rynku. Aby skutecznie realizować plany cyfryzacji, konieczne jest wyznaczenie sobie celów oraz kierunku, w którym powinna zmierzać firma, by przynieść wymierne korzyści. Rozpoczynając budowanie strategii cyfryzacji przedsiębiorstwa konieczne jest określenie stanu zasobów oraz zdolności, jakie aktualnie posiada firma, oraz kompetencji, jakich jej brakuje.

Skutecznym narzędziem do rozpoczęcia działań rozwojowych i uświadomienia sobie, czym jest Przemysł 4.0, jakie daje możliwości oraz na jakim jesteśmy etapie tej drogi w kierunku cyfrowego przedsiębiorstwa, jest wykorzystanie modeli dojrzałości cyfrowej.

Celem narzędzia jest przekazanie firmom praktycznej wiedzy na temat:

1. **Czym jest Przemysł 4.0 i jakie wymierne korzyści przynosi?**
2. **Jaki jest poziom dojrzałości firmy w zakresie zarządzania oraz produkcji?**
3. **Jak firma może się rozwijać w sposób ukierunkowany i stopniowy?**

Prezentowany prototyp narzędzia oceny dojrzałości został opracowany w celu odpowiedzi na wyżej

postawione pytania. Narzędzie umożliwia odpowiednie wyważenie działań firmy rozkładających się pomiędzy rygiorem metodologicznym a praktycznością zastosowania. Definiuje ono stan docelowy rozwoju firmy wg wizji Przemysłu 4.0 oraz pośrednie kroki potrzebne do ciągłego rozwoju. Opiera się o 3 kluczowe filary (Technologia, Procesy, Organizacja) do budowania firm przyszłości.

ZAŁOŻENIA MODELU DOJRZAŁOŚCI

Podstawą do rozwinięcia merytorycznego zakresu prezentowanego modelu dojrzałości cyfrowej był gruntowny przegląd literatury zarówno w obszarze tematyki Przemysłu 4.0 (artykuły naukowe, raporty branżowe, analizy rynku), jak i metodologii tworzenia modeli dojrzałości. Dokonano również przeglądu istniejących narzędzi dojrzałości, w wyniku którego najbliższą założoną przez autorów koncepcją oceny dojrzałości okazał się istniejący już Singapurski Indeks gotowości firm do inteligentnej produkcji (The Singapore Smart Industry Readiness Index). Podstawy tego Indeksu zostały opracowane na podstawie 'Reference Architectural Model for Industry 4.0' (RAMI 4.0), najdynamiczniej rozwijającego się standardu dla kompleksowej architektury w Przemysle 4.0. Oprócz RAMI 4.0 indeks bazuje m.in. na the Industrie 4.0 Maturity Index opracowanym przez German Academy of Science and Engineering (acatech). Autorzy polskiego narzędzia uzupełnili model o kilka kluczowych wymiarów: standaryzacja procesów, relacje z klientem, inteligentny produkt; oraz poszerzyli go o praktyczne rekomendacje dla respondenta, w jaki sposób może rozwinąć swoją dojrzałość.

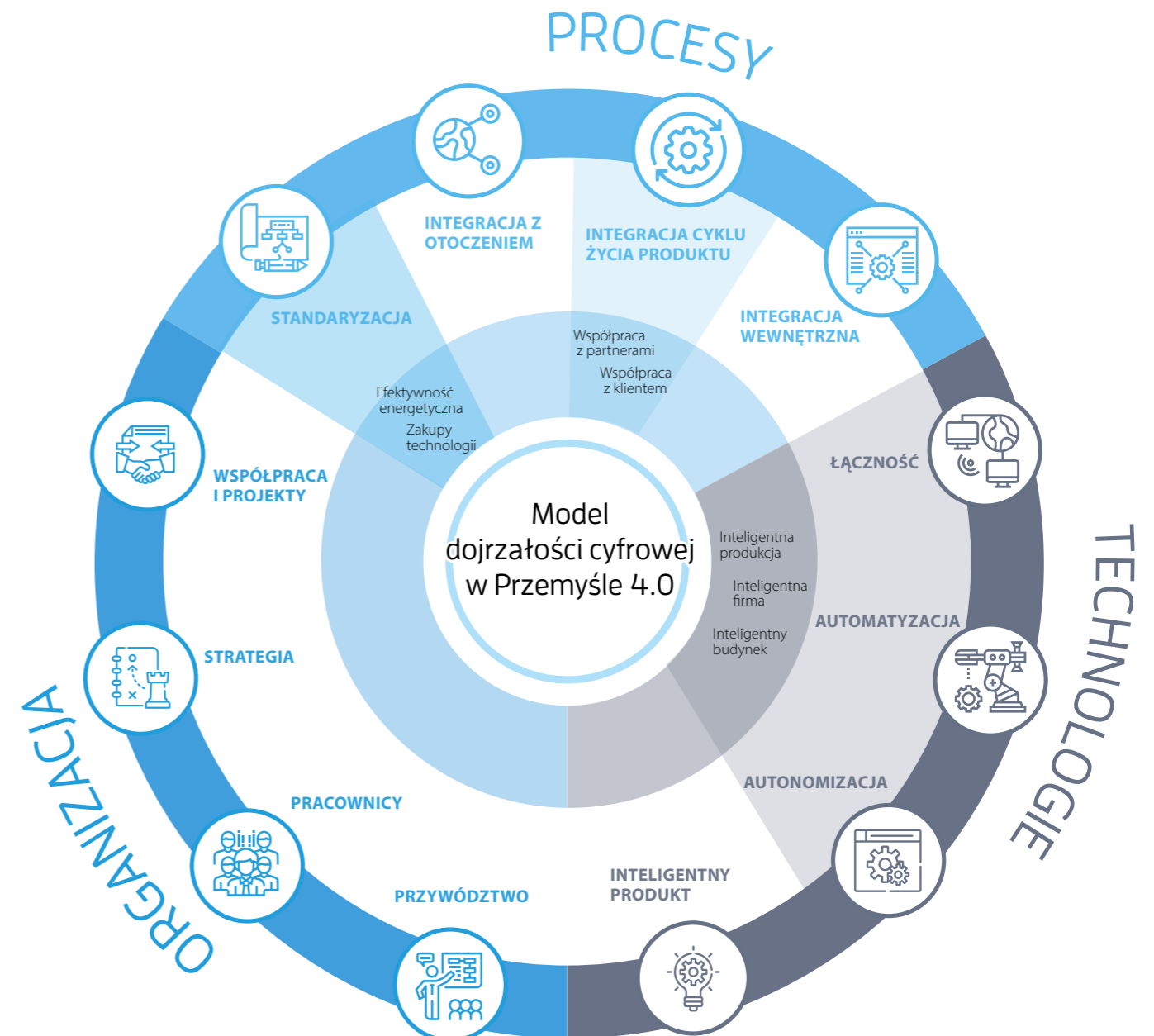
Narzędzie było konsultowane zarówno w gronie ekspertów specjalizujących się w technologiach produkcyjnych, zarządzaniu produkcją, automatyzacji procesów i IT, ale również praktyków przeprowadzania zmian strategicznych w firmie i zarządzania zasobami ludzkimi.

W następnym etapie planowane jest testowanie narzędzia w celu zbierania danych do doprecyzowania metodologii oceny oraz merytorycznego zakresu rekomendacji.

OPIS MODELU

3 FILARY, 12 MODUŁÓW

Model dojrzałości cyfrowej w Przemysle 4.0 składa się z trzech podstawowych modułów kluczowych dla rozwoju Przemysłu 4.0 w firmach produkcyjnych. Są to kolejno moduły: Technologie, Procesy, Organizacja. Firmy powinny rozpatrywać wszystkie trzy obszary, aby w pełni wykorzystać potencjał związany z Przemysłem 4.0. Filary oparte są o 12 kluczowych modułów reprezentujących krytyczne aspekty, na których firmy powinny się skoncentrować, aby stać się organizacją przygotowaną na przyszłość w ramach referencyjnego modelu Przemysłu 4.0.





FILAR TECHNOLOGIE

Technologia pozostaje kluczowym czynnikiem napędzającym zmiany w Przemysle 4.0. Nowe technologie cyfrowe, takie jak chmura obliczeniowa, wirtualna rzeczywistość, uczenie maszynowe i Internet Rzeczy (IoT) tworzą cyfrowy ekosystem, gdzie fizyczne zasoby, np. maszyny i urządzenia są zintegrowane z systemami informatycznymi przedsiębiorstwa umożliwiając ciągłą wymianę i analizę danych w czasie rzeczywistym. Ta integracja parametrów funkcjonalnych fizycznych przedmiotów z warstwą wirtualną tworzy systemy cyber-fizyczne umożliwiające uzyskiwanie większej sprawności oraz elastyczności procesów.

Aby firmy mogły realizować cele ukształtowane możliwościami Przemysłu 4.0, potrzebny jest zarówno wysoki poziom automatyzacji, jak i wszechobecna łączność oraz inteligentne systemy. Dlatego też, aby dokonać bardziej precyzyjnej oceny dojrzałości w obszarze modułu Technologii, podzielono go na 4 moduły: Automatyzację, Łączność i Autonomizację oraz uzupełniono kluczowym dla rozwoju ekosystemu cyfrowego modułem dotyczącym Standaryzacji.



MODUŁ AUTOMATYZACJA

Automatyzację należy rozumieć jako zastąpienie powtarzalnych czynności wykonywanych przez człowieka pracą zaprogramowanych maszyn, zdolnych do reagowania na bodźce w trakcie realizacji procesów. W zautomatyzowanym środowisku praca człowieka sprowadza się do nadzorowania pracy maszyn, ewentualnie reagowania na niektóre zjawiska procesowe i problemy. Automatyzacji dokonuje się poprzez wdrożenie technologii do monitorowania, kontrolowania i wykonywania produkcji oraz dostarczania towarów i usług. Umożliwia nie tylko uwolnienie pracowników od żmudnych i powtarzalnych czynności, ale również podnosi szybkość, jakość i powtarzalność wykonywanej pracy.

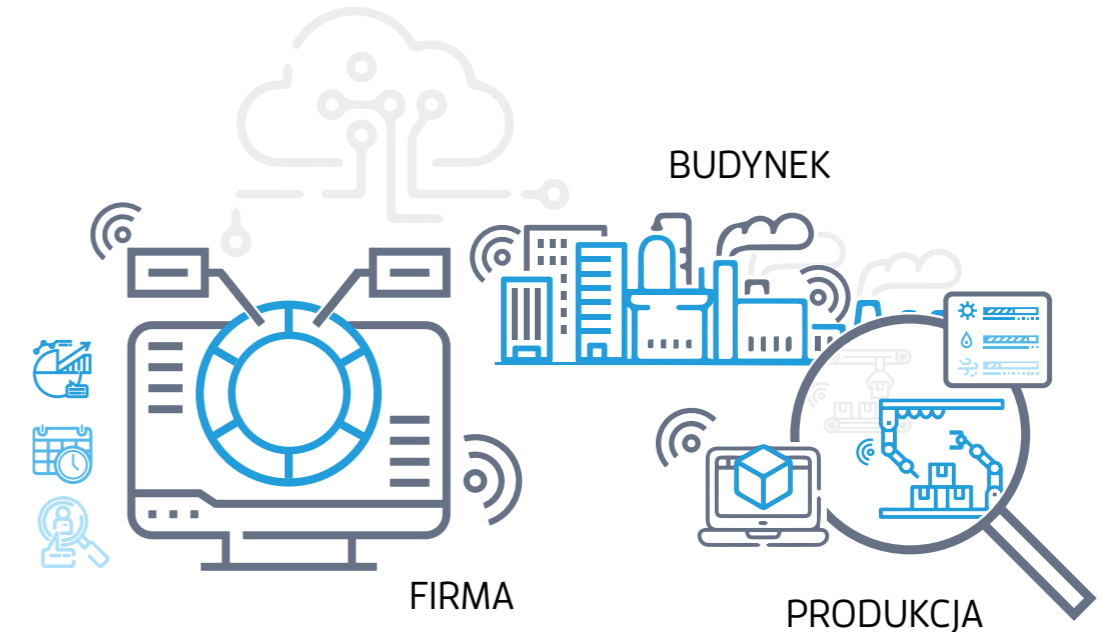
Aby poradzić sobie z rosnącym popytem na mniejsze serie produktów oraz zapotrzebowanie klientów na produkty zindywidualizowane, maksymalizacja efektywności nie jest już wystarczającym celem przedsiębiorstwa. Pojawia się konieczność uelastycznienia procesów produkcyjnych w celu szybkiego dostosowywania się do potrzeb rynku. Aby utrzymywać koszty produkcji spersonalizowanej na podobnym poziomie do kosztów produkcji masowej, konieczne jest zastosowanie nowych rozwiązań cyfrowych oraz reorganizacja procesów umożliwiających wprowadzenie elastyczności produkcji z zachowaniem jej opłacalności. Dlatego wprowadzenie coraz bardziej inteligentnej automatyzacji wsparte poszukiwaniem nowych możliwości biznesowych oraz dostosowywanie się do szybko zmieniających się potrzeb klientów, daje fir-



MODUŁ ŁĄCZNOŚĆ

Łączność określa stan wzajemnego połączenia pomiędzy urządzeniami, maszynami i systemami komputerowymi umożliwiającego komunikację i wymianę danych pomiędzy zasobami przedsiębiorstwa. Cyfryzacja sprawia, że coraz więcej urządzeń łączonych za pomocą kabli i systemów zostaje zamienionych z analogowych form na bezprzewodowe i cyfrowe odpowiedniki. Liczba urządzeń, które są zdolne do funkcjonowania w ramach cyfrowego ekosystemu Internetu Rzeczy wzrasta, co powoduje ogromny przyrost generowanych przez nie danych. Jednocześnie obecny poziom zaawansowania technologii chmury obliczeniowej oraz infrastruktury bezprzewodowej pozwala na to, aby dane były zbierane i zarządzane i analizowane w ramach jednego zintegrowanego systemu. Pozwala to na ujednoczenie różnego typu systemów takich jak, systemy produkcyjne, do zarządzania infrastrukturą budynkową, do administrowania i zarządzania firmą.

Kluczem do zbudowania zintegrowanego ekosystemu cyfrowego jest interoperacyjność, czyli możliwość swobodnego dostępu do danych i łatwego przesyłania ich pomiędzy wszystkimi zasobami i systemami przedsiębiorstwa. Firmy powinny zatem ustandaryzować i wykorzystywać komplementarne technologie komunikacyjne, protokoły oraz normy w celu ustanowienia bardziej otwartych, łącznych i transparentnych sieci komunikacyjnych.



W ramach pogłębiania integracji danych i łączności pojawia się konieczność zapewnienia bezpieczeństwa danym i urządzeniom. Wraz z rozwojem łączności, rosną możliwości włamywania się do systemów. W celu zmniejszenia ryzyka cyberataków, potrzebne jest ustanowienie odpowiedniej architektury systemu, która jest odpowiednio zabezpieczona oraz wyznaczenie jasnych standardów cyberbezpieczeństwa.



MODUŁ AUTONOMIZACJA

Autonomizacja jest swojego rodzaju „inteligentną” zakładów produkcyjnych czwartej rewolucji przemysłowej, dającą możliwość autonomicznego podejmowania decyzji w ramach rozproszonej sieci maszyn i urządzeń. Automatyzacja i łączność koncentrują się na ustanowieniu połączeń pomiędzy sprzętem, maszynami i systemami informatycznymi w celu zbierania i integracji danych. Autonomizacja zaś polega na inteligentnym procesowaniu i analizowaniu tych danych i generowaniu podstaw do podejmowania decyzji predykcyjnych czy też preskryptywnych w ramach systemu. Daje to możliwość przyspieszenia i uelastycznienia funkcjonowania systemów produkcyjnych przy jednoczesnej redukcji kosztów w oparciu o analizę danych oraz o autonomizację.

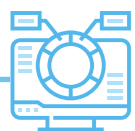
Korzyści, które płyną z uwzględnienia Autonomizacji, są znaczące. Technologie, takie jak przetwarzanie w chmurze powiązane z inteligentną analizą danych, stwarzają możliwość identyfikowania zagrożeń jeszcze przed ich wystąpieniem, co znacznie wpływa na redukcję kosztów. Oprócz

przewidywania awarii inteligentne systemy oparte o algorytmy uczenia maszynowego mogą przewidywać zmiany w strukturze popytu. W najbardziej rozwiniętych przykładach, inteligentne systemy mogą autonomicznie podejmować decyzje i reagować na zmiany wewnętrznych i zewnętrznych potrzeb biznesowych.



MODUŁ INTELIGENTNY PRODUKT

Kreowana wartość wg koncepcji Przemysłu 4.0 to przede wszystkim poszukiwanie nowej jakości spełniającej indywidualne wymagania klienta. Firmy realizować to mogą poprzez tworzenie nowych modeli biznesowych oraz tworzenie inteligentnych produktów. Są one uosobieniem ostatecznej wartości płynącej z wizji Przemysłu 4.0. Najnowsze innowacje w technologiach projektowania oraz rozwój sensorów pozwalają na tworzenie cyfrowej reprezentacji fizycznych produktów (tzw. cyfrowego bliźniaka) oraz symulowania, monitorowania, kontrolowania i zmiany ich parametrów. Inteligentne produkty umożliwiają uzyskiwanie danych z etapu użytkownika produktu przez klienta w czasie rzeczywistym. Stwarza to możliwości unikalnego jak dotychczas sposobu ich wykorzystania przez firmę, np. do tworzenia oferty komplementarnych usług i produktów. Inteligentny produkt posiada dodatkową funkcjonalność w postaci zintegrowanej usługi, która może znacząco zmienić sposób rozliczania sprzedawanej wartości, np. w ramach modelu as a Service. Inteligentny produkt posiada również możliwość podejmowania autonomicznych decyzji pogłębiając przy tym relację firmy z klientem.



FILAR PROCESY

Aby firma zyskała oczekiwaną maksymalizację efektywności i kreowała nową wartość, wdrożenia technologii muszą być realizowane wraz z odpowiednim zaprojektowaniem procesów. W koncepcji Przemysłu 4.0 ulepszanie procesów polega na ich integracji i zarządzaniu nimi jako złożonym systemem współzależnych działań, co w rezultacie prowadzi do zmniejszania kosztów oraz skrócenia czasu dotarcia produktów na rynek. Integracja procesów zachodzi w wielu obszarach – od produkcji, poprzez łańcuch dostaw oraz cykl życia produktu. W miarę, gdy procesy stają się coraz bardziej zintegrowane i ustandaryzowane, zaczynają tworzyć ujednoczony system, gdzie dane są współdzielone, analizowane i spójne na poziomie warstw zarządzania produkcją, cyklem życia produktu, łańcuchem dostaw i zarządzania całym przedsiębiorstwem.



MODUŁ INTEGRACJI Z OTOCZENIEM

W ramach integracji z otoczeniem (tzw. integracja pozioma łańcucha wartości) model wyróżnia dwie perspektywy: z punktu widzenia łańcucha dostaw oraz relacji z klientem. Łańcuch dostaw obejmuje procesy planowania, zarządzania materiałami oraz zapasami od samego początku cyklu dostaw, aż do momentu konsumpcji. Wizja łańcucha dostaw w Przemysle 4.0 tworzy cyfrowy, transparentny i zintegrowany łańcuch, gdzie procesy są połączone za pomocą sieci sensorów i zarządzane w sposób zoptymalizowany z zastosowaniem algorytmów sztucznej inteligencji w czasie rzeczywistym. Cyfryzacja łańcucha dostaw umożliwia podejmowanie decyzji w przedsiębiorstwie (np. dotyczące kosztów, zapasów) z uwzględnieniem danych z całego łańcucha zamiast jednostkowo i doraźnie w sposób odizolowany od całego procesu łańcucha dostaw. Taka ewolucja przynosi korzyści wszystkim interesariuszom w całym łańcuchu wartości, zapewniając m.in. większą szybkość dotarcia produktu na rynek poprzez zmniejszony czas realizacji, większą elastyczność poprzez optymalizację w czasie rzeczywistym dostosowaną do zmieniających się potrzeb, większą efektywność i transparentność danych w łańcuchu dostaw.

Relacja z Klientem jest kluczowym determinantem funkcjonowania w Przemysle 4.0. Biorąc pod uwagę narastający trend personalizacji produktów, klient zaczyna odgrywać znaczącą rolę w procesie kreowania wartości. Klient staje się partnerem firmy produkcyjnej, mającym wpływ na kształt i funkcjonalność produktu. Zmianie ulega zatem cała strategia komunikacji z klientem pogłębiająca personalizację kierowanych do niego treści, kanałów komunikacji oraz czasu podejmowanych działań komunikacyjnych. Aby umożliwić personalizację produktów, firmy tworzą cyfrowe konfigurator online, które umożliwiają zamówienie produktu zgodnego z potrzebami klienta. Najwyższym poziomem pogłębionej relacji z klientem jest jego zaangażowanie w konceptu-

alizację nowych produktów już na poziomie R&D (badania i rozwoju). Działania te są możliwe dzięki zastosowaniu nowych technologii cyfrowych oraz integracji danych.



MODUŁ CYKL ŻYCIA PRODUKTU

Cykl Życia Produktu odnosi się do etapów, które przechodzi każdy produkt – począwszy od zaprojektowania, wytworzenia, konsumpcji i serwisu, aż do końcowej fazy zejścia z rynku. W czasach czwartej rewolucji przemysłowej cykle życia produktu znacznie się skracają, co przy jednoczesnym zwiększeniu trendu personalizacji produktów wymaga większej integracji i cyfryzacji we wszystkich etapach cyklu życia produktu.

Przemysł 4.0 wprowadza również koncepcję „cyfrowego bliźniaka” jako wirtualną reprezentację cyfrowych produktów, urządzeń, procesów i systemów zaangażowanych w cały cykl życia produktu. Cyfrowy bliźniak przynosi firmie wiele nowych możliwości i korzyści. Po pierwsze jego zastosowanie w etapie zakupu elementu do bardziej złożonego systemu umożliwia wirtualne testowanie poprzez symulację jego funkcjonalności jeszcze przed ostatecznym zakupem produktu fizycznego. Zastępuje on fizyczny prototyp, dając możliwość wirtualnego testowania w sposób szybki, skalowalny i przy dużo niższym koszcie. Umożliwia to skrócenie cyklu projektowania i szybszego odpowiadania na potrzeby klientów.



MODUŁ INTEGRACJI WEWNĘTRZNEJ

Moduł integracji wewnętrznej jest bezpośrednio związany z procesem produkcji wewnątrz firmy. Dotyczy on planowania i realizowania procesów prowadzących do wyprodukowania towarów i usług. Jednym z celów przyświecających produkcji jest optymalizacja kosztów, co w Przemysle 4.0 i produkcji spersonalizowanej możliwe jest poprzez zastosowanie nowych technologii cyfrowych i nowych sposobów organizacji procesów z wykorzystaniem systemów do integracji danych. Przykładowo, firmy

mogą wykorzystywać rozwiązania Internetu Rzeczy zdalnego monitorowania i zdecentralizowanej kontroli aktywności.

Integracja wewnętrzna w ramach Przemysłu 4.0 rozumiana jest jako pionowa integracja procesów i systemów na wszystkich hierarchicznych poziomach tzw. piramidy automatyzacji wewnątrz danej firmy produkcyjnej. Celem tej integracji jest ustanowienie połączonego systemu i zarządzanie danymi typu 'end-to-end'. W idealnym przypadku wymiar integracji wewnętrznej definiuje stan, w którym wszystkie systemy typu OT i IT w firmie są w pełni zintegrowane wewnątrz zautomatyzowanych, interoperacyjnych i elastycznych sieci na wszystkich poziomach produkcji i w innych obszarach działalności przedsiębiorstwa. Umożliwia to bezgraniczną wymianę i analizę danych w czasie rzeczywistym oraz podejmowanie autonomicznych decyzji przez systemy. To z kolei skutkuje lepszą komunikacją, elastycznością, zwiększa efektywność operacyjną, a także powoduje szybsze reakcje na zmiany dostępności zasobów i popytu operacyjnego.



MODUŁ STANDARYZACJA

W tak szeroko połączonym środowisku cyfrowym rośnie rola standaryzacji oraz stosowania dobrych praktyk w procesach i obszarach kluczowych dla stworzenia odpowiedniej infrastruktury do sprawnego wdrażania technologii. Opisywany wcześniej model standaryzacji RAMI 4.0 jest bardzo złożonym wielowymiarowym modelem, dlatego też do oceny dojrzałości tego wymiaru Autorzy zdecydowali się sprawdzić podejście firmy do korzystania z norm i standardów w dwóch przykładowych procesach (optymalizacja efektywności energetycznej oraz procesy zakupu technologii, maszyn i urządzeń).

W obydwóch przykładach dojrzała firma powinna działać według określonych standardów postępowania, dlatego sprawdzenie jej rutyn i procedur działania w tych przypadkach umożliwi szacowanie jej posta-

wy w stosunku do innych działań ograniczonych normami oraz dobrymi praktykami.

W obszarze procesów zarządzania efektywnością energetyczną wiodącym międzynarodowym standardem jest ISO 5000:1. Standard ten zawiera dobre praktyki w zakresie tworzenia, implementacji, utrzymania oraz rozwoju systemów zarządzania energią. Istotność tego obszaru podnoszą prognozy wzrostu cen limitów emisji CO² dla Polski, a co za tym idzie wzrostu cen produkcji energii elektrycznej. Zarządzanie efektywnością energetyczną jest wymieniane jako jedno z głównych wyzwań w kontekście przygotowania firmy do Przemysłu 4.0. Jest to także obszar, w którym technologie cyfrowe mają kluczowe znaczenie dla dobrej identyfikacji obszarów wymagających usprawnień oraz pomagają znacznie optymalizować zużycie energii.

Drugim procesem wskazanym jako istotny w Module Standaryzacji jest proces „Zakupu technologii, maszyn i urządzeń”. Implementacja technologii produkcyjnych (m.in. VR/AR, inteligentnych robotów mobilnych, cobotów, narzędzi symulacyjnych, algorytmów uczenia maszynowego, IoT, systemów zapewniających cyberbezpieczeństwo, systemów predictive analytics, itd.) będzie codziennością w firmach podnoszących swoją dojrzałość w obszarze Przemysłu 4.0. Dojrzałość tego procesu wymaga w trakcie procesu zakupowego spojrzenia na wiele parametrów inwestycji, m.in. planowany cykl życia instalacji, otwartość systemu/ technologii na integrację, koszty zakupu oraz rozwoju systemu, dojrzałość zamawianej technologii, łatwość integracji technologii w istniejącym otoczeniu produkcyjnym. Wielokryterialna analiza potrzeb oraz zbudowanie kryteriów oceny opartych nie tylko o cenę zakupu, to dobre praktyki organizacji tego procesu, które podnoszą dojrzałość poprzez przyspieszanie procesu wdrożenia technologii, przygotowanie systemów produkcyjnych do skalowania oraz obniżanie całkowitego kosztu posiadania instalacji technologicznych (TCO) w perspektywie długoterminowej.





FILAR ORGANIZACJA

Organizacja jest trzecim modulem wchodzącym w skład prezentowanego modelu oceny dojrzałości w Przemysle 4.0. Aby utrzymać swoją pozycję na rynku w erze zwiększonej konkurencji Przemysłu 4.0, firmy muszą dostosować swoje struktury organizacyjne i procesy poprzez dostosowywanie strategii i modeli biznesowych.

Przemysł 4.0 wymaga większej koncentracji na dwóch kluczowych elementach działania organizacji. Pierwszym z nich są ludzie, którzy tworzą organizację – wszyscy pracownicy od najwyższego szczebla zarządu aż do zespołów operacyjnych. Drugim elementem są systemy i struktura, w ramach których realizowana jest działalność firmy. Zmiany technologiczne w organizacji muszą iść w parze ze zmianami strategicznymi i organizacyjnymi. Dużej uwagi wymaga rozwijanie świadomości wszystkich pracowników i tłumaczenie im wizji cyfryzacji. Podczas tych zmian kształtuje się również nowa kultura organizacyjna wymagająca od pracowników nowych kompetencji. Dlatego firma powinna dążyć do rozwoju umiejętności pracowników i rozwijać ich talenty w sposób zaplanowany, z uwzględnieniem perspektyw rozwoju danej branży.



MODUŁ STRATEGIA

Aby proces zmian przebiegał sprawnie, konieczne jest zbudowanie strategii cyfryzacji przedsiębiorstwa, która określi kierunki, najważniejsze cele oraz mierniki sukcesu. Wszystkie działania firmy są wówczas zsynchronizowane i przebiegają według określonego planu. W strategii określa się między innymi, jak wykorzystać istniejące zasoby oraz zdolności przedsiębiorstwa poprzez ich optymalizację i połączenie z rozwiązaniami cyfrowymi w celu osiągnięcia przewagi konkurencyjnej. Sprecyzowanie formalne strategii firmy pozwala również na skalowanie jej celów wewnątrz przedsiębiorstwa i jasną komunikację wprowadzanych zmian wśród pracowników.



MODUŁ WSPÓŁPRACA I PROJEKTY

Struktura organizacji to jej system zasad, które określają, jak role i zakres odpowiedzialności są przydzielane, kontrolowane i koordynowane. Struktura ma wpływ na to, jak zespoły się zachowują i prowadzą interakcje oraz jak realizowane są działania wynikające ze strategii firmy. W ramach Przemysłu 4.0 organizacje wprowadzają większą decentralizację podejmowania decyzji, przekazywanie decyzyjności w głąb organizacji, większą otwartość na współdzielenie informacji oraz większą kolaborację pomiędzy zespołami – zarówno wewnątrz, jak i z zewnętrznymi partnerami. W długim okresie umożliwia to firmom podejmowanie decyzji w sposób bardziej elastyczny, co z kolei pozwala im szybciej odpowiadać na zmiany rynkowe i potrzeby klientów.



MODUŁ PRACOWNICY

Firmę tworzą ludzie, a ich kompetencje wpływają bezpośrednio na uzyskiwaną przewagę konkurencyjną. Dlatego rozwój talentów jest kluczowym czynnikiem do sukcesu w Przemysle 4.0. Budowanie kompetentnych i elastycznych zespołów charakteryzujących się nastawieniem na ciągłe uczenie się i rozwój na każdym poziomie staje się czynnikiem krytycznym. Zarząd musi wprowadzić systemy i praktyki, które pozwolą ludziom zdobywać informacje i umiejętności o najnowszych trendach i technologiach w Przemysle 4.0. Z drugiej strony zmieniają się oczekiwania w stosunku do pracowników, którzy muszą być coraz bardziej interdyscyplinarni, szybko dostosowywać się do zmian, posiadać umiejętności komunikacyjne oraz nastawienie na myślenie typu „win-win”. To pozwoli, aby formalne programy rozwoju talentów były nie tylko dostosowane do celów biznesowych firmy, ale również do tworzenia kultury samouczenia się, dzielenia się wiedzą i rozwoju osobistego.



MODUŁ PRZYWÓDZTWO

Główną odpowiedzialnością Zarządu firmy jest inicjowanie zmian i kreowanie wizji cyfryzacji przedsiębiorstwa oraz motywowanie ludzi do współpracy, co ma prowadzić do osiągnięcia wspólnego celu. Silne przywództwo, wspierane przez jasną i zrozumiałą strategię, oraz ustalone przez jasną i zrozumiałą strategię, oraz ustalone mierniki efektywności działań są bardzo ważne, aby organizacja mogła z powodzeniem funkcjonować w dynamicznym i wysoko-usieciowym biznesie.

KWESTIONARIUSZ OCENY ORAZ METODYKA OCENY

Ze względu na szeroki zakres czynników determinujących dojrzałość cyfrową w Przemysle 4.0 – zarówno tych technologicznych, jak i organizacyjnych, autorzy założyli rozproszoną ocenę poziomu dojrzałości.

Jedna zbiorcza ocena poziomu dojrzałości nie jest obecnie możliwa m.in. ze względu na brak danych testujących model. Dopiero w drugiej fazie testowania prototypu możliwe jest wprowadzenie wag przyporządkowanych do każdej z odpowiedzi w każdym wymiarze. Aby uniknąć braku precyzji w ocenie dojrzałości zdecydowano się potraktować każdy wymiar jako osobny merytoryczny zakres, w którym dokonuje się oceny wg sześciostopniowej skali dojrzałości.

Model zakłada również inne nazewnictwo każdego z poziomów w zależności od wymiaru, w którym dokonuje się oceny. Załącznik I zawiera wszystkie pytania, rekomendacje oraz nazewnictwo poziomów w każdym wymiarze.

Przyjęta metodologia oceny nakierowana jest przede wszystkim na funkcjonalny cel projektowanego narzędzia, czyli wstępną ocenę etapu rozwoju przedsiębiorstwa w kierunku Przemysłu 4.0 reprezentowaną przez poziom

dojrzałości oraz przedstawienie praktycznych rekomendacji wynikających z uzyskanej oceny. Rekomendacje zdefiniowano w taki sposób, aby możliwe było osiągnięcie kolejnych stopni rozwoju w danym wymiarze, uzależnionych od wyboru respondenta. Wnioski z przeprowadzonych badań jakościowych mówią bowiem, że sukces osiągany przez różne firmy nie musi być jednoznaczny z osiągnięciem najwyższego poziomu dojrzałości. W niektórych branżach lub strategiach firm optymalny sukces będzie określony na niższych poziomach dojrzałości. Autorzy prototypu uznali, że istotnym jest pozostawienie takiego wyboru każdej firmie. Narzędzie wskazywać ma bowiem kierunek rozwoju.

W ramach przeprowadzonych badań jakościowych przetestowano również prototyp narzędzia online. Prezentowana metodologia oceny przeszła również testy funkcjonalności użytkownika, co dodatkowo potwierdziło sposób proponowanej oceny w systemie rozproszonych wymiarów.

Prototyp narzędzia online: <https://dojrzalosc40.delabapps.eu/> (opis w Załączniku II)



DELab UW to ośrodek badawczy utworzony przez naukowców z Uniwersytetu Warszawskiego – ekonomistów, socjologów i prawników.

DELab UW dostarcza analizy i ekspertyzy, które wspierają procesy innowacji, zwiększają efektywność i optymalizują procesy organizacyjne.