
Kazimierz Górka, Brygida GrzeganeK-Więcek, Romuald Szopa

Akademia Wychowania Fizycznego w Katowicach

e-mails: gorkak@uek.krakow.pl, b.wiecek@awf.katowice.pl, r.szopa@awf.katowice.pl

**PROROZWOJOWA KONCEPCJA
PRZEDSIĘBIORSTWA DZIAŁAJĄCEGO W ERZE
WIEDZY I INFORMACJI, OPARTA NA CZWARTEJ
REWOLUCJI PRZEMYSŁOWEJ**

**PRO-DEVELOPMENTAL CONCEPT OF A COMPANY
BASED ON THE FOURTH INDUSTRIAL REVOLUTION
OPERATING IN THE ERA OF KNOWLEDGE
AND INFORMATION**

DOI: 10.15611/pn.2017.491.16

JEL Classification: M1

Streszczenie: Idea, na której zbudowana została prorozwojowa koncepcja działania przedsiębiorstwa w erze wiedzy i informacji, tkwi w czwartej rewolucji przemysłowej i rozwinęła się na fundamencie trzeciej rewolucji przemysłowej, która polegała na automatyzacji poszczególnych procesów. Celem opracowania jest identyfikacja i ocena wpływu czwartej rewolucji przemysłowej na funkcjonowanie współczesnych przedsiębiorstw w erze wiedzy i informacji. Opracowanie ma charakter informacyjno-poglądowy, opisujący zmiany, jakie inspirowane są w działalności przedsiębiorstw produkcyjnych przez koncepcję „przemysł 4.0”, która umożliwiła łączenie urządzeń w ramach cyfrowych ekosystemów oraz pogłębienie integracji wewnątrz poziomych i pionowych łańcuchów wartości. Pozwoliło to na wygenerowanie nowego modelu funkcjonowania przedsiębiorstwa określanego jako model 4.0. Efekty, jakie przedsiębiorstwo osiąga przez wprowadzenie tych zmian, to przede wszystkim produkt lub usługa lepiej dopasowana do potrzeb i oczekiwań klienta dzięki analityce danych pochodzących z rynku.

Słowa kluczowe: era wiedzy i informacji, działanie prorozwojowe, automatyzacja procesów, robotyzacja, ekosystemy cyfrowe, przemysł 4.0.

Summary: The idea on which pro-developmental concept of company operations in the era of knowledge and innovations is rooted in the fourth industrial revolution and was developed on the basis of the third industrial revolution that involved the automation of particular processes. The objective of this paper is the identification and evaluation of influence the fourth industrial revolution has on the functioning of contemporary enterprises in the era of knowledge and information. This is an information-illustrative paper dealing with changes that are inspired by the *Industry 4.0* concept and affect operations of industrial companies.

Industry 4.0 concept is about interconnection of devices within the framework of digital ecosystems and deals with deeper integration within horizontal and vertical value chains. This processes foster the generation of a new model of company operation described as *Model 4.0*. Among the results of introduction of the above mentioned changes are products or services better adjusted to the needs and expectations of a client. These effects can be achieved by the proper analysis of data from the market.

Keywords: era of knowledge and information, pro-developmental action, automation of processes, robotization, digital ecosystems, *Industry 4.0*.

1. Wstęp

Zmieniające się w sposób nieprzewidywalny otoczenie nieustannie weryfikuje teorię funkcjonowania biznesu, która jest sumą wiedzy, jaką przedsiębiorstwo posiada o sobie i swoim otoczeniu oraz o relacjach, w jakich pozostaje z innymi partnerami przestrzeni gospodarczej. Taka sytuacja wymusza elastyczność działań i nieustanne weryfikowanie założeń, na których przedsiębiorstwo buduje koncepcję swojego funkcjonowania. Wiele przedsiębiorstw, aby skutecznie konkurować we współczesnej rzeczywistości, musi inaczej spojrzeć na prowadzoną przez siebie działalność w erze wiedzy i informacji, w której wygenerowana została czwarta rewolucja przemysłowa. Globalnym trendem, który umożliwił nadejście czwartej rewolucji przemysłowej, stał się przede wszystkim wzrost ilości dostępnych danych i informacji oraz możliwości obliczeniowych. Czwarta rewolucja przemysłowa dotyczy przede wszystkim przedsiębiorstw produkcyjnych.

Celem opracowania jest identyfikacja i ocena wpływu czwartej rewolucji przemysłowej na funkcjonowanie współczesnych przedsiębiorstw produkcyjnych w erze wiedzy i informacji.

2. Wiedza jako stymulator prorozwojowych działań przedsiębiorstw w aspekcie rewolucji przemysłowej 3.0 i 4.0

Po okresie wytwórczości w manufakturach, a następnie dominowania produkcji fabrycznej w przedsiębiorstwach w połowie XX wieku rozpoczęła się era postindustrialna charakteryzująca się przewagą spółek akcyjnych (dużych korporacji) o bardzo różnorodnych i elastycznych strukturach organizacyjnych.

W XX wieku nastąpił również wzrost wartości zasobów niematerialnych, wśród których wiedza jest decydującym czynnikiem stymulującym przetrwanie i rozwój przedsiębiorstw. Wiedza wykorzystana była również w trzeciej rewolucji przemysłowej, która polegała na automatyzacji pojedynczych maszyn i niektórych procesów. XXI wiek to era wiedzy i informacji, w której wygenerowana została czwarta rewolucja przemysłowa. Wykorzystuje ona jeszcze aktywniej wiedzę do wprowadzania zmian w przedsiębiorstwach. Zmiany te są wieloaspektowe i umożliwiają

łączenie urządzeń w ramach cyfrowych ekosystemów oraz pogłębienie integracji wewnątrz poziomych i pionowych łańcuchów wartości. Efektem tych zmian jest przesunięcie się środka ciężkości z produkcji na oferowane klientom usługi w postaci kompleksowych rozwiązań, co pozwala na lepsze rozpoznanie potrzeb klienta, jak i szybszą i efektywniejszą obsługę.

Przewartościowanie w zakresie zasobów, które rozpoczęło się pod koniec XX wieku, oznacza wzrost wartości zasobów niematerialnych, wśród których wiedza jest jednym z decydujących czynników stymulujących rozwój przedsiębiorstw. Właściwe wykorzystanie zasobów wiedzy, między innymi do wdrożenia innowacyjnych rozwiązań związanych z czwartą rewolucją przemysłową, wpływa w znacznym stopniu na wzrost wartości dodanej, a to na poprawę sytuacji ekonomicznej i stabilizację przedsiębiorstw. Wiedzę więc można rozumieć jako ogół wiadomości i umiejętności wykorzystywanych przez jednostki do rozwiązywania problemów [Probs, Raub, Romhardt 2002, s. 35]. Wiedza jest rdzeniem metody zarządzania, określanej jako zarządzanie wiedzą, które przenika całe przedsiębiorstwo, czyli wszystkie jego procesy struktury i czynności. Ważne jest jednak, aby pamiętać, że źródłem wiedzy są między innymi również sformalizowane procedury i systemy komputerowe. Wiedza jest często wykorzystywana do łączenia urządzeń w ramach cyfrowych ekosystemów i powstawania sieci połączeń między produktami, łańcuchami wartości i modelami biznesowymi. Wiedza powstaje też w nieformalnych codziennych kontaktach między ludźmi. Ludzie są najważniejszym zasobem, gdyż podejmują działania na podstawie informacji i wiedzy. Wiedza może być zawarta w różnego rodzaju dokumentach, projektach itp., ale najważniejsza jej część ukryta jest w ludzkich umysłach. Współcześni pracodawcy, którzy chcą wdrożyć elementy czwartej rewolucji przemysłowej powinni starać się wzmocnić swoje firmy wyselekcjonowanym spoiwem społecznym, którym są starannie dobrani pracownicy z odpowiednią wiedzą i kompetencjami. Współpraca między nimi powinna polegać na wzajemnym dzieleniu się wiedzą i informacjami, co jest kwintesencją innowacyjnej firmy, źródłem jej elastyczności, prężności, szybkości i kreatywności, czyli cech nieodzownych w XXI wieku. We współczesnej rzeczywistości wiedza stanowi główną siłę napędową do tworzenia innowacji i rozwiązań prorozwojowych, które uelastyczniają działalność przedsiębiorstwa. Jest to charakterystyczny dla ery wiedzy i informacji sposób działania, w którym wiedza staje się czynnikiem przesądającym o innowacyjności, produktywności i międzynarodowej konkurencyjności gospodarki krajowej [Wierzbowski 2007, s. 22]. Nadejście czwartej rewolucji przemysłowej umożliwił przede wszystkim globalny trend wzrostu ilości dostępnych danych oraz możliwości obliczeniowych. Wiedza stała się jednym z najważniejszych zasobów charakteryzujących czwartą rewolucję przemysłową w warunkach postępującej transformacji cyfrowej i turbulencji otoczenia przy tym jest zasobem niedegradującym się w czasie użytkowania i rozwijającym się w toku wykorzystania w odróżnieniu od innych zasobów przedsiębiorstwa.

Opisując cechy przedsiębiorstw, które mogą odnosić sukcesy, należy zauważyć, że muszą one uzyskać przede wszystkim zdolność do generowania wiedzy i skutecznego prowadzenia procesów informacyjnych oraz adaptacji do zmian w układzie globalnej gospodarki. Pozwala to osiągnąć taki poziom elastyczności, który umożliwi szybkie dostosowanie się do nowych celów, które mogą być związane z wdrożeniem czwartej rewolucji przemysłowej w firmie. Opisuje ona zbiorczo automatyzację powiązaną z wymianą danych oraz nowe technologie i sposoby nadzorowania produkcji. Poglębia ona również integrację z partnerami współtworzącymi wspólnie łańcuch wartości w ramach cyfrowych ekosystemów.

3. Czwarta rewolucja przemysłowa jako koncepcja, która zmienia model funkcjonowania przedsiębiorstw produkcyjnych

Obecnie jesteśmy świadkami bezprecedensowych zmian zachodzących w działalności przedsiębiorstw różnych gałęzi gospodarczych. Trzecia rewolucja przemysłowa, polegająca na łączeniu ze sobą urządzeń i procesów, które pogłębiają automatyzację, wprowadziła wiele zmian w różnych procesach w przedsiębiorstwie. Trudno precyzyjnie określić jej ramy czasowe, gdyż w najbardziej innowacyjnych przedsiębiorstwach rozpoczęła się ona w drugiej połowie XX wieku, a w niektórych trwa jeszcze do dzisiaj. Czwarta rewolucja przemysłowa, która rozpoczęła się w pierwszej dekadzie XXI wieku w najbardziej prorozwojowych przedsiębiorstwach, zmienia całkowicie model funkcjonowania przedsiębiorstw produkcyjnych. Procesy zarządzania produkcją w dotychczasowym kształcie ulegną istotnej zmianie. Olbrzymie wolumeny danych, generowane przez systemy sterowania, są obecnie w wielu przedsiębiorstwach wykorzystywane głównie do monitorowania stanu procesów technologicznych. Już w najbliższej przyszłości systemy sterowania umożliwią przewidywanie wielu parametrów produktów, a także sterowanie produkcją w skali globalnej. Technologie komunikacji *Machine to Machine* (M2M), wykorzystanie przemysłowego Internetu Rzeczy, a także zaawansowane metody przetwarzania informacji będą stanowiły kluczowy czynnik cyfrowej transformacji.

Globalnym trendem, który umożliwił nadejście kolejnej, czwartej rewolucji, stał się przede wszystkim wzrost ilości dostępnych danych oraz możliwości obliczeniowych. Za ich sprawą możliwe stało się lepsze zarządzanie materialnymi i niematerialnymi zasobami przedsiębiorstwa, procesem planowania produkcji i innymi procesami czy też całym cyklem życia produktu.

Rozwiązania z zakresu „przemysłu 4.0” należy rozumieć jako zaawansowaną transformację cyfrową łańcuchów wartości, produktów, usług i modeli biznesowych. Integracja poszczególnych elementów procesów biznesowych umożliwi szybkie reagowanie na zapotrzebowanie rynku i włączenie dostawców oraz klientów w proces produkcji, sprzedaży i dystrybucji. Przedsiębiorstwa przemysłowe staną się inteligentne, a linie produkcyjne będą automatycznie modyfikować parametry pracy,

urządzenia będą wymieniać informacje pomiędzy sobą, szybko i efektywnie modyfikować konfigurację produktów. Produkcja stanie się bardziej elastyczna, a wytwórcy będą w stanie realizować bardziej złożone zamówienia szybciej i taniej niż dotychczas. Nowe cyfrowe modele biznesowe umożliwią świadczenie nowatorskich usług, a poprzez to zwiększenie przychodów przedsiębiorstwa i udziału w rynku.

4. Nowy model funkcjonowania przedsiębiorstwa 4.0

Droga, którą chcą pokonywać przedsiębiorstwa w czwartej rewolucji przemysłowej, polega na całościowej przebudowie łańcucha wartości i związanych z tym innych procesów i elementów funkcjonowania przedsiębiorstwa. To całkowita zmiana, która wygenerowała nowy model funkcjonowania przedsiębiorstwa określanego jako model 4.0, oparty na koncepcji „przemysłu 4.0”, która jest wyzwaniem dla współczesnej produkcji [Hermann, Pentek, Otto 2015].

Należy zauważyć, że zachodzące w XXI wieku zmiany w przedsiębiorstwach produkcyjnych charakteryzują się postępującą transformacją cyfrową i powstawaniem sieci połączeń między produktami, łańcuchami wartości, a nawet nowymi modelami działania przedsiębiorstwa. Zmiany zbiorczo opisują też automatyzację powiązaną z wymianą danych i nowymi sposobami zarządzania produkcją. Analityka danych daje przedsiębiorstwom sposobność pogłębienia współpracy z dostawcami, a nawet klientami [Qina, Liua, Grosvenora 2016].

Wdrażanie do przedsiębiorstw rozwiązań z zakresu koncepcji „przemysłu 4.0” to implementacja i skuteczne wykorzystanie nowych technologii, co jest bardzo złożonym i czasochłonnym procesem. Opiera się on na automatycznym zbieraniu oraz przetwarzaniu wielkich zbiorów danych, pochodzących z urządzeń bądź bezpośrednio od ludzi. Analiza tych danych pozwala na dokonywanie optymalizacji kosztowych i produktowych [Lee, Bagheri, Kao 2015]. Nowy model przedsiębiorstwa 4.0 wiąże się również z odpowiedzialnym rozwojem przedsiębiorstw opartym na podstawach ekonomicznych i solidarności społecznej. To podejście zbieżne jest ze sposobem myślenia o biznesie w kontekście jego odpowiedzialności utożsamianej z etycznym prowadzeniem działalności, kulturą opartą na wartościach, partnerskimi relacjami z interesariuszami i dobrymi praktykami ładu korporacyjnego. Proefektywnościowe myślenie wymagane jest w odniesieniu do całej działalności przedsiębiorstwa 4.0, nie tylko do wytwarzanych produktów, świadczonych usług i relacji w łańcuchu dostaw. Pogłębiona zostaje również integracja wewnątrz poziomych i pionowych łańcuchów wartości.

W obserwowanych przez autora korporacjach w południowej Polsce zauważyć można zaawansowany sposób łączenia ze sobą procesów i urządzeń, które pogłębiają automatyzację będącą często jeszcze efektem trzeciej rewolucji przemysłowej¹.

¹ Badane firmy zgodziły się na udostępnienie informacji autorowi pod warunkiem zachowania anonimowości.

Wykorzystują one do tego technologię chmur obliczeniowych oraz druk 3D. Ciężar planowania produkcji i nadzorowania procesów jest przenoszony z ludzi na komputery z szerokim wykorzystaniem danych z systemów sterowania i kontroli. Jest to możliwe dzięki wykorzystaniu zaawansowanych algorytmów oraz Internetu Rzeczy.

Przemysł 4.0 działa również w oparciu o odpowiedzialny model biznesowy, który ma dobrze rozwinięty system interakcji ze społecznym i gospodarczym otoczeniem. Lepiej identyfikuje kluczowe wyzwania, skuteczniej buduje obopólnie korzystne relacje z nauką, szybciej dostrzega szanse biznesowe, poznając preferencje obecnych i potencjalnych klientów. Stwarza również nowe możliwości wykorzystania łączności mobilnej do transmisji danych z urządzeń. Dzięki niej możliwe jest łączenie ze sobą urządzeń za sprawą Internetu Rzeczy.

Dzięki otwartości na pomysły i poprzez ciągłe poszukiwanie inspiracji przedsiębiorstwo 4.0 otwarte jest na wiedzę w zakresie nowych technologii informatycznych, dzięki czemu może mieć szansę na osiągnięcie docelowego poziomu zintegrowania. Potrzebna jest do tego najnowsza wiedza i szybkie informacje, które pozwolą firmie z wyprzedzeniem rozpoznawać trendy w otoczeniu, budując równocześnie swoje kompetencje, a tym samym przewagę konkurencyjną.

Model przedsiębiorstwa 4.0 charakteryzuje się przede wszystkim:

- postępującą transformacją cyfrową oraz pogłębiającą się integracją pionowych i poziomych łańcuchów wartości,
- turbulencją otoczenia,
- powstawaniem sieci połączeń między produktami, łańcuchami wartości i modelami biznesowymi,
- transformacją oferty produktów i usług przy użyciu najnowszych technologii,
- nowymi modelami biznesowymi, które często opierają się na generowaniu dodatkowych dochodów.

Synteza opisu nowej rzeczywistości przemysłu 4.0 zaprezentowana została w publikacji Uniwersytetu Technicznego w Dortmundzie z 2015 r. – *Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review*. Jej autorzy, Hermann Mario, Pentek Tobias i Otto Boris, dokonali analizy publikacji dotyczących tematyki Industry 4.0.

Przedsiębiorstwa w wielu krajach wdrażają obecnie niektóre elementy koncepcji „przemysł 4.0”, co pozwala na modelowanie przedsiębiorstwa w konwencji 4.0 wg własnych potrzeb i możliwości finansowych.

Przedsiębiorstwo działające w modelu 4.0 buduje przekonanie, że implementacja związanych z nim rozwiązań pozwoli osiągnąć skokową poprawę efektywności i obniżyć koszty. Kluczowym czynnikiem sukcesu nie zawsze są najnowocześniejsze technologie, ale ludzie potrafiący je efektywnie wykorzystać. To ważne, bowiem fundamentalną kwestią modelu 4.0 jest realizacja zadań produkcyjnych przez maszyny, które na podstawie zaprogramowanej sekwencji działań oraz danych z otoczenia są w stanie, bez udziału człowieka, prowadzić samodzielnie procesy pro-

dukcyjne oraz analizy danych wewnątrz przedsiębiorstwa. Kluczowe znaczenie w modelu przedsiębiorstwa 4.0 mają cyfrowe kanały dostępu do konsumenta. Dzięki nim możliwe stało się odejście od tradycyjnego modelu *push* (wypychanie produktów na rynek) i przejście do modelu *pull* (produkcja na zamówienie).

Zachodzące zmiany obejmują również obsługę procesu składania zamówień, rozwój dopasowanych do wymagań odbiorcy produktów oraz przesyłanie danych na temat produkcji do scentralizowanych systemów planowania produkcji, a następnie do zintegrowanych systemów obsługi klienta.

Biorąc powyższe pod uwagę, można przyjąć, że największym beneficjentem zmian wdrażanych w modelu przedsiębiorstwa 4.0 jest klient i środowisko. Warto jednak podkreślić, że opisane zmiany mają istotne znaczenie z perspektywy naszego kraju, gdyż sektor produkcji przemysłowej jest jednym z motorów rozwoju polskiej gospodarki². Inwestycje w transformację cyfrową przedsiębiorstwa są na pewno bardzo kosztowne. Wielu przedstawicieli badanych przedsiębiorstw 4.0 twierdzi jednak, że prawdopodobne jest, iż efekty uzyskane z tych inwestycji mogą istotnie przewyższyć poniesione koszty.

Transformacja cyfrowa oraz powstające ekosystemy urządzeń będą wymuszały zmianę w strukturach organizacyjnych przedsiębiorstw w modelu 4.0. Wdrażane stosunkowo szybko zmiany powodują, że pracownicy muszą dogłębnie je rozumieć, aby skutecznie opanować przypisywane im nowe zadania. Rola człowieka w przedsiębiorstwie 4.0 zmieni się diametralnie. Pracownicy będą musieli wykształcić nowe zdolności, aby podjąć nowe zadania. Zmiana będzie trudna z punktu widzenia olbrzymich różnic pokoleniowych osób w niej uczestniczących. Przedsiębiorstwa będą wymagały znalezienia takich liderów, którzy tę zmianę przeprowadzą i zainspirują przedsiębiorstwo do dalszego rozwoju w nowych obszarach w myśl tezy, że koncepcja przemysł 4.0 to przede wszystkim ewolucja.

Zaakcentować również należy, że istnieją w Polsce korporacje, które zadeklarowały w czasie realizowanych rozmów z autorem artykułu³, że zamierzają oferować na rynek usługi związane z analityką danych, co jest dobrym sygnałem dla tych przedsiębiorstw w Polsce, które chcą wprowadzić do swoich firm niektóre elementy czwartej rewolucji przemysłowej.

Model przedsiębiorstwa 4.0 traktuje zmiany jako proces ciągły. Zmiany te dotyczą przede wszystkim zwiększenia wewnętrznych kompetencji związanych z analityką danych jako nieocenionej pomocy w podejmowaniu przez menedżerów decyzji. Warto jednak zaznaczyć, że jeszcze wiele przedsiębiorstw produkcyjnych ma przed sobą długą i trudną drogę, wiodącą do osiągnięcia zaawansowanych zdolności analitycznych.

² Na podstawie wskaźnika wzrostu produkcji przemysłowej publikowanego przez Główny Urząd Statystyczny.

³ Badane firmy zgodziły się na udostępnienie informacji autorowi pod warunkiem zachowania anonimowości.

Dane i informacje są jednym z fundamentów czwartej rewolucji przemysłowej. Ogromna ich ilość powoduje jednak, że bez narzędzi analitycznych są one po prostu bezużyteczne i bezwartościowe. Analityka nie może być jednak organizowana *ad hoc*, potrzebni są do tego dobrze wykwalifikowani i kompetentni pracownicy, którzy potrafią wypracować ustrukturalizowane podejście do analityki danych.

5. Podsumowanie

Koncepcja „przemysł 4.0” znacząco ewoluowała w ostatnich latach. Niektóre przedsiębiorstwa przeszły już od fazy planowania do realizacji konkretnych projektów i znaczących inwestycji związanych z tą koncepcją. Można więc stwierdzić, że czwarta rewolucja przemysłowa w erze wiedzy i informacji stała się już faktem w wielu przedsiębiorstwach produkcyjnych. Łączy ona świat informacji ze światem urządzeń, które pozwalają na szybką i efektywną produkcję krótkich serii czy wręcz pojedynczych produktów zgodnie z preferencjami zamawiającego. Takie działania przedsiębiorstw w dzisiejszych czasach są ogromnym wyzwaniem, ale pozwalają osiągnąć przewagę konkurencyjną na rynku. Siłą napędową przedsiębiorstwa w modelu 4.0 jest przekonanie, że efektywnie wdrażając rozwiązania związane z elementami czwartej rewolucji przemysłowej, mogą liczyć na znaczny wzrost przychodów, a jednocześnie na redukcję kosztów, co pozwoli na optymalizację wyników działalności i wzrost wartości przedsiębiorstwa na rynku.

Wielu menedżerów sygnalizuje trudności związane z wdrożeniem rozwiązań koncepcji „przemysł 4.0”. Nie polegają one jednak na pozyskaniu właściwej technologii i szerokim stosowaniu narzędzi analitycznych, ale na konieczności zmiany niektórych zespołów pracowniczych i metod zarządzania. Zmienić należy tych pracowników, którzy nie podążają za nowymi rozwiązaniami związanymi z czwartą rewolucją przemysłową. Są to sprawy trudne, ale konieczne, jeżeli przedsiębiorstwo chce się rozwijać zgodnie z najnowszymi trendami.

Literatura

- Atzori L., Iera A., Morabito G., 2010, *The internet of things: A survey*, Computer Networks, vol. 54(15).
- Fallera C., Feldmüllera D., 2015, *Industry 4.0 learning factory for regional SMEs*, Procedia CIRP, vol. 32.
- Hermann M., Pentek T., Otto B., 2015, *Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review*, Technische Universität, Dortmund.
- Kolberg D., Zühlke D., 2015, *Lean automation enabled by Industry 4.0 technologies*, IFAC PapersOn-Line, vol. 48(3), s. 1870-1875.
- Lee J., Bagheri B., Kao H., 2015, *A Cyber-physical systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems*, Manufacturing Letters, vol. 3,1.
- Probst G., Raub S., Romhardt K., 2002, *Zarządzanie wiedzą w organizacji*, Oficyna Ekonomiczna, Kraków.

- Qina J., Liua Y., Grosvenora R., 2016, *A categorical framework of manufacturing for Industry 4.0 and beyond*, Procedia CIRP, 52.
- Wierzbowski J., 2007, *Unia Europejska wobec wyzwań gospodarki opartej na wiedzy*, Instytut Łączności, Warszawa.
- Żmijewski R., 2014, *Elementy koncepcji „Industrie 4.0” w praktyce. Systemowe modelowanie produktu w wirtualnym przedsiębiorstwie*, Siemens Industry Software, Warszawa.