

SYSTEMY ERP DLA WYTWÓRCZOŚCI NOWEJ GENERACJI

Jarosław Badurek¹

Streszczenie

Artykuł specyfikuje wymagania projektowo-aplikacyjne dla systemów ERP, które mają efektywnie wspomagać zarządzanie wytwórczością nowej generacji 4.0. W części 1 zidentyfikowano generacje przemysłowe i komputerowe, wyodrębniając Internetowe. Z kolei (część 2) analizie poddano wyróżniki nowej generacji wytwórczości, ilustrując je przykładami praktycznymi dotyczącymi cyfryzacji materii/Internetu przedmiotów. W części 3 zbadano związki systemu operacyjnego przedsiębiorstwa z obszarem IT wskazując na system ERP jako centrum aplikacyjne. Na tej podstawie w części 4 zaproponowano i skomentowano cztery kluczowe cechy przedmiotowego ERP. W podsumowaniu przytoczono sumarycznie szereg wniosków oraz zaproponowano kierunki dalszych badań.

Słowa kluczowe: Przemysł 4.0, ERP (*Enterprise Resource Planning*), systemy cyberfizyczne CPS (*Cyber-Physical System*), Internet przedmiotów IoT (*Internet of Things*)

1. Wprowadzenie – generacyjność wytwórcza i informatyczna

Geneza artykułu wynika z aktualnych wyzwań naukowych na styku inżynierii zarządzania oraz informatyki, dotyczących definiowania efektywniejszych metod projektowania i wdrażania systemów wytwórczych. Trendy rozwojowe technologii informatycznych w sferze produkcyjnej oraz fenomen przedsiębiorstwa i społeczeństwa informacyjnego stanowią istotny obszar badawczy – w wymiarze teoretycznym, a także aplikacji praktycznych. Dalszych badań wymagają również charakterystyki systemów komputerowego wspomaganie organizacji produkcji, w tym ERP. Obszar badawczo-projektowy artykułu wyznaczają zatem wierzchołki trójkąta: zarządzanie-wytwórczość-informatyka, w którego centrum umieszczono systemy ERP. Podstawowy cel artykułu określono następująco: na podstawie przesłanek teoretyczno-empirycznych i analizy dostępnych danych literaturowych wyspecyfikować nową generację wytwórczości na tle generacji komputerowych (Internetowych),

¹ Absolwent Politechniki Gdańskiej, doktor nauk ekonomicznych, obecnie pracownik Zakładów Homanna w Dissen, Niemcy.

proponując cechy skojarzonych systemów ERP. Strukturę artykułu definiuje zatem następujący scenariusz badawczy:

1. Założenie: system ERP może być traktowany jako system operacyjny przedsiębiorstwa.
2. Teza: identyfikacja charakterystyk generacji systemów wytwórczych oraz skojarzonych z nimi komputerowych pozwala na zdefiniowanie cech przedmiotowych systemów ERP.

Zwiększanie efektywności gospodarczej w skali makro, jak i powiązanej z nią skali przedsiębiorstwa, wymaga modelowania rozwoju technologicznego, w szczególności jego prognozowania (Hoshmand, 2010). Pociąga to za sobą konieczność identyfikowania cykli rozwojowych i związanych z nimi generacji technologicznych. Pod pojęciem generacji technologicznej rozumiemy wyróżniającą się (paradygmatycznie) klasę rozwiązań techniczno-organizacyjnych o podobnych właściwościach, stosowanych w podobnym czasie. Generacja technologiczna posiada zatem:

- swój wyróżnik wobec innych generacji tj. podstawowe kryterium ją definiujące,
- cechy tworzące jej charakterystykę,
- czas stosowania powiązany z cyklem innowacyjnym.

Kolejne generacje technologiczne w danym obszarze są istotną zmianą wobec poprzednich, mają więc charakter paradygmatyczny (Kindi, 2012). W tabeli 1 zaproponowano ich podział dla sfery przemysłowej w połączeniu z technologiami IT oraz Internetowymi. W odniesieniu do przemysłu pominięto jego generacje przedinformatyczne tj. 1.0 (zgrubnie wiek XIX, cezuralne początki w XVIII w związku z maszyną parową, 1764 r.) oraz 2.0, związaną z tylorowskim paradygmatem zarządzania (zgrubnie I. poł. XX w.). Generacje rozwoju IT oznaczono liczbami rzymskimi. Proponowany podział przyjmuje jako wyróżnik generacji komputerów poziom ich mobilności oraz sieciowości (*networking*) odbiegając od klasycznego, opartego o stopień złożoności zastosowanych składników hardwarowych (układów scalonych) (Morley, Parker, 2011).

Z informatycznego punktu widzenia, zarządzanie można interpretować jako przetwarzanie informacji. W związku z tym narasta potrzeba coraz ściślejszego łączenia systemów IT z wytwórczymi. Idealna konsekwencja takiego postulatu oznacza, że **każda zmiana materialnego stanu systemu produkcyjnego powinna generować (możliwie automatycznie) bazodanową transakcję w skojarzonym systemie komputerowym**. Pełna realizacja opisywanych związków narzuca, zatem nowe wymagania na informatyczne centrum zarządzania przedsiębiorstwami tj. pakiety ERP (*Enterprise Resource Planning* – system planowania zasobów przedsiębiorstwa).

Tabela 1. Generacje – przemysł, komputery, Internet

| Przemysł | Komputery | Internet |
|--|--|--|
| 3.0 II poł. XX w. NC/PLC, CIM/FMS, ERP/MES, RFID | I. Duże komputery 1950–1970 UNIVAC 1950 r., IBM 370, 1970 r. | Epoka przed webowa, początki sieci komputerowych, ARPANET, 1969 r. (Kisza, 2013) |
| | II. mini-mikrokomputery 1970–1990 DEC-PDP-11, 1970 r., IBM PS/2-70-486, 1989 r. | Web 0.0 – „web bez webu”, rozwój sieci LAN/WAN |
| | III. mobilna informatyka 1990–2010 IBM-Simon <i>smartphone</i> 1992 r. (Himmelsbach, 2010) | Web 1.0 – naukowy, projekt CERN, 1991 r. Web 2.0 – społecznościowy (portale, technologie <i>wiki</i>), (Shelly, 2011) |
| 4.0 I. poł. XXI w. systemy cyberfizyczne (Hu, 2013), Internet przedmiotów (Evdokimov, 2011) | IV. cyfrowa materia 2010–2030 prognozy rozwojowe – nanoinformatyka, komputery kwantowe (Metodi, 2011) | Web 3.0 – ontologiczny (integracja AI, sieci semantyczne), (Pan, 2012) |

Źródło: opracowanie własne

Skróty użyte w tabeli 1.

- AI – sztuczna inteligencja (*Artificial Intelligence*)
- ARPANET – sieć ARPA (*Advanced Research Projects Agency Network*)
- CIM – komputerowo zintegrowane wytwarzanie (*Computer Intergrated Manufacturing*)
- FMS – elastyczny system wytwórczy (*Flexible Manufacturing System*)
- MES – sterowanie systemem wytwórczym (*Manufacturing Execution System*)
- NC – sterowanie numeryczne (*Numerical Control*)
- PLC – programowalny sterownik przemysłowy (*Programmable Logic Controller*)
- RFID – radioetykiety identyfikacyjne (*Radio-Frequency Identification*)

2. Geneza i główne składniki przemysłu 4.0

Tabela 1 identyfikuje płynne przechodzenie aplikacji przemysłowych: od industrializacji o charakterze elektroniczno-informatycznym do systemów produkcyjnych nowego typu (NGMS – System Wytwórczy Nowej Generacji, *Next Generation Manufacturing System*) zwanych także inteligentnymi (*smart factory*). W tym ostatnim przypadku mamy do czynienia z dążeniem do **cyfrowego modelowania procesów przetwarzania materii**. Pozwala ono na transformacje dóbr materialnych, zintegrowanych informacyjnie, w ramach systemu komputerowego wspomagan

organizacji produkcji. Innymi słowy mówiąc: dobra materialne, podlegając cyfryzacji, stają się w coraz większym stopniu dobrami cyfrowymi.

Mamy tu do czynienia z megatrendem cywilizacyjnym, od strony IT postrzeganym w postaci **wirtualizacji** (Canetta, 2011), którą można interpretować jako odwzorowywanie cech materialnych przy pomocy informacji. Z drugiej strony na genezę przemysłu 4.0 wpływa cykliczność rozwoju gospodarki i pojawianie się okresów przesileń, w których występuje zwiększona potrzeba podejmowania ryzyka oraz poszukiwania nowych rozwiązań technologicznych dla zapewnienia wzrostu produktywności przedsiębiorstw. Takich gwarancji nie daje już komputeryzacja przemysłu metodami charakterystycznymi dla paradygmatu generacji 3.0.

Przykład. Na rysunku 1 pokazano fragment systemu produkcyjnego, wyróżniając 6 stanów wyrobu w strefach konfekcjonowania i komisjonowania (A–E). Pełna integracja materialno-informacyjna systemu wymagałaby generowania transakcji bazodanowej przy każdej zmianie stanu wyrobu. Jednocześnie pożądana byłaby automatyka generowania transakcji, których mogłoby być wiele dla danego stanu – np. zwrotne księgowanie zużycia części (*backflush issue bill of material*) podczas powstawania wyrobu gotowego. W praktyce, te założenia często realizowane są jedynie fragmentarycznie, w odniesieniu do całości procesów wytwórczych.

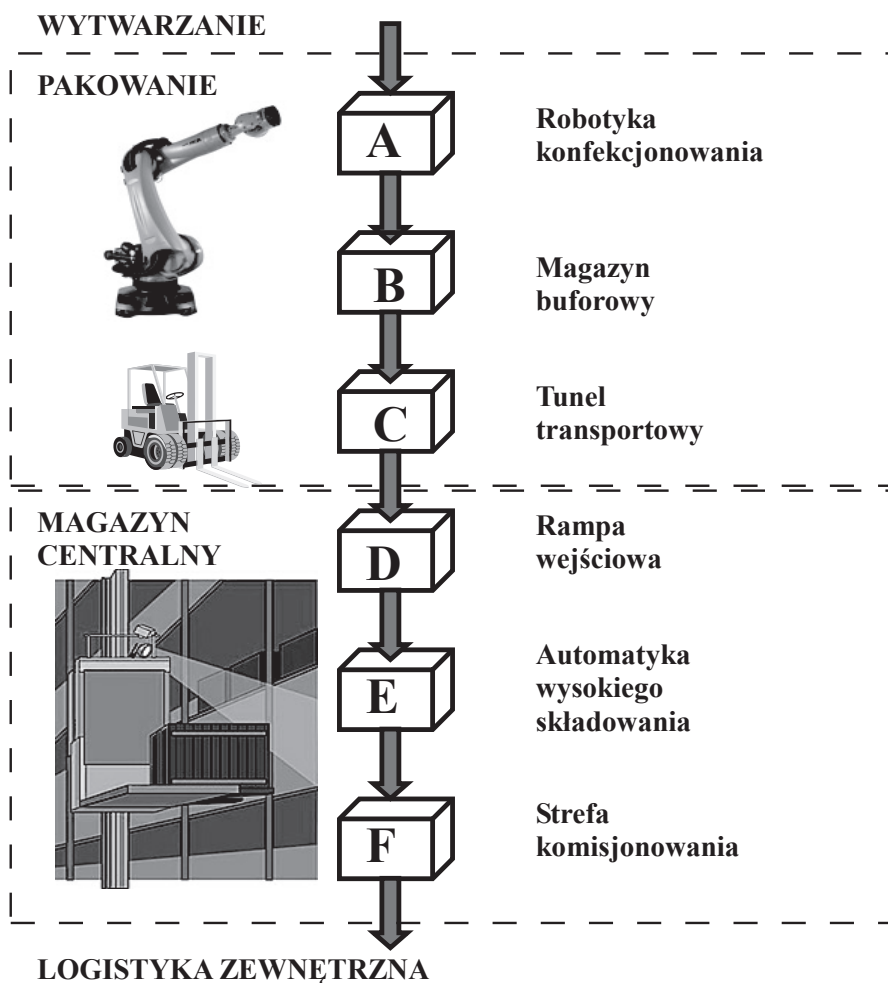
Analiza koncepcji przemysłu 4.0 prezentowanych w pracach (Brettel, 2014), (Evdokimov, 2011), (Hu, 2013), (Wahlster, 2013) pozwala na wskazanie dwóch istotnych składników tej generacji: systemów cyberfizycznych CPS (*Cyber-Physical System*) oraz Internetu przedmiotów IoT (*Internet of Things*). W obu przypadkach mamy do czynienia procesami **cyfryzacji materii**, poprzez wzbogacanie jej ładunkiem informacyjnym przetwarzalnym komputerowo. Tak rozumiane transformacje informacyjne wymagają definiowania danych: sformatowanych strukturalnie i w sposób standaryzowany.

Przykłady. Model OSI (*Open Systems Interconnection*) gwarantuje zachowanie wymienionych trzech właściwości danych (format, struktura, standard) dla sieci komputerowych. EDIFACT (*Electronic Data Interchange For Administration, Commerce and Transport*) definiuje elektroniczną wymianę danych, dotyczących transakcji biznesowych między przedsiębiorstwami. Standardy PLC (*Programmable Logic Controller*) są zaś niezbędne dla sterowania urządzeniami wytwórczymi.

Przy czym sterowniki PLC są istotne dla systemów CPS, jako składnik zintegrowanej struktury informacyjno-technicznej. Komputer (mikroprocesor) jest w takim przypadku częścią urządzenia wytwórczego, jako moduł wbudowany (*embedded*). Kolejne elementy CPS to:

- sieci sensorowe WSN (*Wireless Sensor Network*) składające się z węzłów, w postaci czujników komunikujących się autonomicznie dla realizacji zadania (np. monitorowanie stanu maszyn),
- infrastruktura Internetowa, globalna „sieć sieci” (intranetów) z jej multimedialnymi usługami (np. semantyczny hipertekst) ewoluująca do wszechsieci (*evernet*),

- systemy czasu rzeczywistego (przetwarzanie *real-time*), np. wykorzystujące GPS (*Global Positioning System*)/RFID w logistyce czy produkcję „na czas” (*just-in-time*) w oparciu o minutowe planowanie i sterowanie wytwarzaniem MES,
- przetwarzanie autonomiczne AC (*Autonomic Computing*) tj. samoorganizujące się systemy komputerowe (Lalanda, 2013) posiadające zdolności:
 - samokonfiguracyjne (*selfconfigure*),
 - samonaprawcze (*selfheal*),
 - samooptymalizacyjne (*selfoptimize*),
 - samoochronne (*selfprotect*).



Rysunek 1. Stany wyrobu w strefach konfekcjonowania/komisjonowania

Źródło: opracowanie własne

Postulowane w punkcie 1 sprzężenia materialno-informacyjne nasuwają wniosek, że również systemy CPS powinny generować transakcje bazodanowe (w przypadku sterowników urządzeń mogą także zachodzić procesy odwrotne). Rozważane zależności stają się coraz bardziej złożone, co prowadzi do fenomenu **Internetu przedmiotów** IoT (*Internet of Things*). Podstawę funkcjonowania IoT stanowi znakowanie obiektów (przedmiotów), które z kolei mogą komunikować się ze sobą. Równocześnie te sieciowe obiekty mogą przetwarzać informacje. Syntetycznie opisujemy IoT formułą:

IoT = IoS + IoM, gdzie:

IoS – *Internet of Service* (Internet usług),

IoM – *Internet of Media* (Internet mediów).

Egzemplifikacją IoS może być podejście SOA (*Service-Oriented Architecture*) (Borangiu, 2012) natomiast przykładem trendu IoM jest multimedialna hipertekstowość informacji gdzie media ewoluują do hipermediów a w miejsce klasycznych powstają organizacje hipertekstowe (Lessem, 2009). Sumarycznie możemy zatem stwierdzić, że **przemysł 4.0** to cyfryzacja materii wytwórczej, sterowanej systemami cyberfizycznymi w środowisku Internetu przedmiotów.

3. ERP jako system operacyjny przedsiębiorstwa

Pojęcie systemu operacyjnego przedsiębiorstwa (SOP) uszczegóławia definicję systemu produkcyjnego w aspekcie jego działalności operacyjnej (Collier, 2012), (Jasiński, 2005). Takie podejście umożliwia specyfikację sprzężeń aplikacyjnych między SOP a konfiguracją IT, której centrum stanowi z kolei jej system operacyjny. W sferze SOP można wyróżnić misję krytyczną przedsiębiorstwa (*critical mission*) i skojarzyć aplikacje IT z jej elementami (tabela 2).

Tak rozumiana misja krytyczna przedsiębiorstwa akcentuje te elementy jego SOP, których problemy negatywnie wpływają się na efektywność firmy i osiągnięcie przez nią podstawowych celów gospodarczych. Powyższa definicja koresponduje z teorią ograniczeń i skojarzonej z nią metodą łańcucha krytycznego CCPM (*Critical Chain Project Management*) (Cox, Schleier, 2010). Z drugiej strony, informatyka w zarządzaniu, może być nie tylko technicznym narzędziem o charakterze wspomagającym, ale także źródłem rozwiązań organizacyjnych. Mamy tu bowiem do czynienia z wzajemnym przenikaniem się obu sfer, w szczególności w związku z rozwojem systemów referencyjnych ładu korporacyjnego (*governance*), którą łączą dwa rodzaje modelowania: w języku naturalnym i w językach sztucznych.

Zilustrujmy te zależności przykładem **informatycznego systemu operacyjnego OS** (operating system), który jest podstawowym programem (pakietem programów) każdej konfiguracji komputerowej. OS wirtualizuje zasoby sprzętowe dla optymalnego zarządzania nimi, włącznie z oprogramowaniem aplikacyjnym i z uwzględnieniem dialogu człowieka z maszyną. Również w systemie produkcyj-

nym można wyspecyfikować jego aplikacyjne centrum. W większych przedsiębiorstwach jest nim często standardowy pakiet ERP, którego moduły oraz skomunikowane podsystemy wspomagają całość procesów informacyjnych firmy.

Tabela 2. Związki SOP z aplikacjami IT

| SOP krytyczny | IT | SOP wspomagający |
|------------------------|--|--|
| zlecenia | EDI (<i>Electronic Data Interchange</i>), ERP-MM | wiedza, zasilenia materiałowo-energetyczno-finansowe |
| klienci | CRM (<i>Customer Relationship Management</i>) | marketing |
| planowanie | MRP/MPS (<i>Material Requirements Planning/Master Production Scheduling</i>) | rozwój, badania, prototypowanie |
| wytwarzanie | MES/LMS (<i>Manufacturing Execution/ Laboratory Management System</i>) | utrzymanie jakości |
| gospodarka materiałowa | WM, SCM (<i>Warehouse Management/Supply Chain Management</i>) | logistyka |
| fakturowane produkty | EDI, ERP-FI (moduł finansowy ERP) | analizy, controlling, utylizacja |

Źródło: opracowanie własne

W takiej sytuacji można powiedzieć, że system ERP staje się technologią dyfuzyjną, która bezpośrednio lub pośrednio wpływa na wszelkie sfery przedsiębiorstwa. Możemy zatem dla takiej technologii wyspecyfikować następujące właściwości (Robertson, 2011):

- wszechzwiązkowe połączenia międzyobiektove, w myśl reguły „każdy z każdym” (sieciowość aplikacyjna IT, modułów oraz funkcji ERP);
- inwestycje w technologie dyfuzyjne dopiero stopniowo osiągają swoje optima wydajności, co wymaga dłuższego czasu (np. kilku lat);
- rola integracyjna ERP w odniesieniu do pozostałych obszarów/trybutów rzeczywistości wytwórczej.

4. Nowa generacja systemów ERP

Genezą systemów ERP są narzędzia do planowania/harmonogramowania produkcji oraz dla księgowości/tworzenia raportów finansowych. Całościowe pakiety ERP na większą skalę pojawiają się w latach 80. XX w. (początki SAP, 1972 r.). Ich

rozwój można umiejscowić w następującej chronologii (zgrubnie dekadowej) komputerowego wspomagania organizacji produkcji:

- lata 60., wspomaganie wybranych funkcji, np. statystyki sprzedaży,
- lata 70. XX w., wspomaganie działów (grup funkcji), np. gospodarka magazynowa,
- lata 80. XX w., wspomaganie organizacji procesowej, moduły ERP,
- lata 90. XX w., integracja sieci przedsiębiorstw, np. podsystemy EDI, CRM, e-commerce,
- wiek XXI, ekonomia sieciowa (*network economy*) np. rozproszone (*distributed*) usługi webowe, SOA (Borangiu, 2012).

Modelowo możemy wyróżnić trzy generacje systemów ERP (DaXu, 2011):

- ERP I, systemy specjalizowane systemy typu zamkniętego (*proprietary*), zorientowane serwerowo (*host oriented*), z aplikacjami w trybie znakowym i narzędziami softwarowymi 3GL (*Third Generation Language*), strukturalny paradygmat inżynierii softwarowej. Przykład: klasyczne moduły MPS/MRP;
- ERP II, wielowarstwowe architektury C/S (*client-server*) oferujące graficzny tryb dialogu, narzędzia 4GL (*Fourth Generation Language*), otwarte (open) systemy operacyjne, obiektowy paradygmat inżynierii softwarowej. Przykład: środowisko SAP/ABAP (Advanced Business Application Programming);
- ERP III, systemy zorientowane webowo (*web-oriented*), możliwe także mobilnie w postaci EaaS (*ERP as a Service*), z elementami 5GL (Fifth Generation Language) tj. dążące przyszłościowo w kierunku paradygmatu ontologiczno-semantycznego (*multiparadigm*). Przykład: osadzanie aplikacji w środowisku SOA, rozumianym także organizacyjnie.

W tym ostatnim przypadku systemy ERP przedsiębiorstw łączą się ze sobą sieciowo i funkcjonalnie, tworząc stopniowo zintegrowany i globalny system zarządzania zasobami wytwórczymi (evernet). Przykład. Ogniwa łańcucha logistycznego, producent-hurtownik-detalista-klient, powinny znajdować się w zintegrowanym systemie ERP/SCM dla uniknięcia efektu bicza (Jones, 2012). Fenomen przejawia się wzrostem amplitud zapasów i zamówień w łańcuchu logistycznym. Prowadzi to do występowania w przedsiębiorstwie okresów przepelnionych magazynów, przeciwnie z okresami pustych magazynów. Produkcja jest zbyt duża lub zbyt mała, ze słabszymi zdolnościami dostawczymi. Brak optymów kosztowych prowadzi do mniej efektywnego transportu. Przeciwdziałanie efektowi możliwe jest przy pomocy zintegrowanego systemu informacyjnego, także z możliwością generowania zleceń zakupu nie przez kupującego, ale sprzedającego (*customer replenishment*).

Charakterystyka przemysłu 4.0 pokazana w punkcie 2 oraz aktualne trendy ERP III pozwalają na wyspecyfikowanie następujących cech dla nowej generacji ERP:

- wirtualizacja wytwórcza,
- otwartość (Internetowa),
- inteligentna hipertekstowość,
- intuicyjna ergonomiczność.

Na znaczenie wirtualizacji w przemyśle 4.0 wskazano w punkcie 2 w kontekście cyfrowego przetwarzania materii. Jednocześnie w punkcie 3 odniesiono się do wirtualizacyjnej roli OS. Postulowana wirtualizacja wytwórcza oznacza zatem eskalację trendu cyfryzacji materii tj. hermetyzacji (w kategoriach obiektowych) warstwy sprzętowej systemu ERP dla sterowania nią z poziomu warstwy logicznej. W chwili obecnej systemy ERP nie są w pełni zintegrowane z podsystemami wytwórczymi klasy MES. Pełna integracja wszystkich poziomów wytwórczości przedsiębiorstwa oznaczałaby fabrykę idealną (*perfect plant*) obejmującą ERP oraz poziomy:

- fizycznej wytwórczości (*manufacturing system*),
- sterowników PLC (*Programmable Logic Controller*),
- sterowania procesami technicznymi SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*),
- alokacji i śledzenia zasobów wytwórczych MES (*Manufacturing Execution System*).

Kolejną cechą docelowego ERP jest otwartość (Internetowa), która charakteryzuje także idealny OS. Oznacza ona nie tylko alternatywne stosowanie oprogramowania otwartoźródłowego (*open source*), ale również szerzej rozumiany rozwój oprogramowania jako procesu zapewniającego elastyczną stabilność aplikacji. Tak określony wymóg jest trudny realizacyjnie w sferze ERP z uwagi na problemy standaryzacji i parametryzacji (*customizing*), zwłaszcza podczas migracji systemowych. Wymieńmy tu choćby kwestie mapowania (*mapping*) zakresów alfanumerycznych danych statycznych (np. materiałów) i dynamicznych (np. zlecenia). Przykłady problemów: dublety, niewystarczające długości pól w rekordzie, ich różne znaczenie, niekompatybilności formatów czy uzależnienia podsystemowe (konieczność modyfikacji interfejsów). Internetowość tak rozumianej otwartości scharakteryzowano wyżej w odniesieniu do ERP III.

Internetowość łączy się z kolejną cechą – inteligentnej hipertekstowości. Hipertekstowość jest powszechnie stosowana w Internetowych bazach danych, pozwalając na intuicyjne nawigowanie typu niesekwencyjnego tj. zorientowane procesowo (problemowo). Taki typ dialogu człowieka z maszyną cyfrową lepiej odpowiada rzeczywistości gospodarczej, w której mamy do czynienia z wszechzwiązkami typu „wszystkiego ze wszystkim”. Inteligencja hipertekstowości rozumiana jest tu w sensie semantyczno-ontologicznym (Hepp, 2007).

Ważną cechą ERP jest także jego ergonomiczność użytkowa (*user friendly*), warunkująca efektywność dialogu z systemem. Intuicyjność obsługi pakietu może być wspomagana wyposażeniem go w cechy arkuszy kalkulacyjnych (*spreadsheet*). Umożliwia to dialog w oparciu o dane tabelaryczne, odpowiadające specyfice biznesowej a jednocześnie wygodną pracę podczas ich grupowania, sortowania, filtrowania i formatowania czy stosowania indywidualnych makr (*macro*). Systemy ERP umożliwiają zaawansowaną integrację arkuszy kalkulacyjnych, posiadają jednak

szereg ograniczeń i zmniejszoną elastyczność w porównaniu z aplikacjami biurowymi (*office*), stąd postulat dalszej „tabelaryzacji“ ERP.

Należy przy tym pamiętać, że systemy transakcyjne posiadają, z definicji, mechanizmy utrudniające pełną swobodę użytkową, w odniesieniu do transformacji bazodanowych. Wymieńmy tu kwestię masowych zmian danych ERP w oparciu o podsystemy zewnętrzne, np. dostęp ODBC (*Open Database Connectivity*). Dodatkowo, na ograniczenia związane z gwarancjami spójności danych (*consistence*) nakładają się wymagania dotyczące ich bezpieczeństwa (*security*). Stąd potrzeba poszukiwania kompromisowych optimumów softwarowych w rozważanym zakresie.

5. Podsumowanie

W artykule na bieżąco formułowano wnioski, zebrane sumarycznie niżej:

1. Zarządzanie można interpretować jako przetwarzanie informacji.
2. Zmiany materialnych stanów systemu produkcyjnego powinny generować (możliwie automatycznie) bazodanowe transakcję w skojarzonym systemie informatycznym.
3. Do podstawowych składników Przemysłu 4.0 należą: systemy cyberfizyczne (*Cyber-Physical System*) oraz Internet przedmiotów (*Internet of Things*).
4. Podstawę funkcjonowania Internetu przedmiotów stanowi znakowanie obiektów, które z kolei mogą komunikować się ze sobą.
5. Informatyka w zarządzaniu, może być nie tylko technicznym narzędziem o charakterze wspomagającym, ale także źródłem rozwiązań organizacyjnych.
6. Systemy ERP stają się technologiami dyfuzyjnymi, które bezpośrednio lub pośrednio wpływają na wszelkie sfery przedsiębiorstwa.
7. Systemy ERP przedsiębiorstw łączą się ze sobą sieciowo i funkcjonalnie, tworząc stopniowo zintegrowany i globalny system zarządzania zasobami wytwórczymi (*evernet*).
8. Nowa generacja systemów ERP cechuje się wzrastającymi: wirtualizacją, otwartością, inteligentną hipertekstowością i intuicyjną ergonomizacją.

Przedsiębiorstwo wytwórczości 4.0 możemy nazywać informacyjnym, ponieważ – w coraz większym stopniu – przetwarza ono materię poddawaną procesom cyfryzacji. Jednym z centralnych zagadnień Przemysłu 4.0 jest zatem optymalizacja jego sfery IT. Należy postrzegać ją także w związkach fabryki z jej otoczeniem a więc szerzej uwzględniając ewolucyjne zmiany: paradygmatów zarządzania i referencyjnych metod implementacji projektów IT. Ich dynamika implikuje kontynuowanie badań, których kierunki zaproponowano jak następuje:

- I. Trendy ekonomii sieciowej społeczeństwa informacyjnego: Internet przedmiotów, bioorganizacje, informatyka emocjonalna (Palachaud, 2013).
- II. Prognozowanie technologii dyfuzyjnych IT: sieci semantyczne, ontologiczne bazy danych, kloudonomika (*cloudonomics*) (Weinmann, 2013).

III. Fabryka przyszłości: fabrykatory 3D, wirtualna wytwórczość, inteligencja holo- niczna, sterowanie urządzeń głosem (McTear, 2013).

Bibliografia

1. Borangiu T., Thomas A., Trentesaux D. (2012): *Service Orientation in Holonic and Multi-Agent Manufacturing Control*. Springer, London, UK.
2. Brettel M., Friedrichsen N., Keller M., Rosenberg M. (2014): *How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape, An Industry 4.0 Perspective*. World Academy of Science, Engineering and Technology. International Journal of Mechanical, Industrial Science and Engineering Vol. 8, No 1, Riverside, Connecticut, CT, USA.
3. Canetta L. (2011): *Digital Factory for human-oriented production systems*. Springer, London, UK.
4. Collier D.A., Evans J.R. (2012): *Operations Management an Enhanced User Experience*. South-Western Cengage Learning, Mason, OH, USA.
5. Cox J.F., Schleier J.G. Jr. (2010) *Theory of Constraints, Handbook*. McGraw-Hill, New York, NY, USA.
6. DaXu L. (2011): *Enterprise Systems: State-of-the-Art and Future Trends*. Transactions on Industrial Informatics, Vol. 7, No 4, November 2011, p. 630–640. IEEE, New York, NY, USA.
7. Evdokimov S., Fabian B., Günther O. (2011): *RFID and the Internet of Things, Technology, Applications and Security Challenges*. Publishers Inc., Hanover, MA, USA.
8. Hepp M. (2007): *An Ontology Framework for Semantic Business Process Management*. Proceedings of Wirtschaftsinformatik 2007, February 28 – March 2, Karlsruhe.
9. Himmelsbach T. (2010): *A Survey on Today's Smartphone Usage*. GRIN Verlag Nordstedt, Germany.
10. Hoshmand R. (2010): *Business forecasting: a practical approach*. Routledge an imprint of the Francis & Taylor Group, New York, NY, USA.
11. Hu F. (2013): *Cyber-Physical Systems, Integrated Computing and Engineering Design*. Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL, USA.
12. Jasiński Z. (2005): *Podstawy zarządzania operacyjnego*. Oficyna Ekonomiczna, Kraków.
13. Jones P., Robinson P. (2012): *Operations Management*. Oxford University Press, Oxford, UK.
14. Kindi V., Arabatzis T. eds. (2012): *Kunh's The Structure of Scientific Revolutions Revisited*. Routledge an imprint of the Francis & Taylor Group, New York, NY, USA.
15. Kizza J.M. (2013) *Ethical and Social Issues in the Information Age*. Springer, London, UK.
16. Lalanda P., McCann J.A., Diaconescu A. (2013): *Autonomic Computing, Principles, Design and Implementation*. Springer, London, UK.
17. Lessem R., Schieffer A. (2009): *Transformation management, towards the integral enterprise*. Ashgate Publishing Company, Burlington, VT, USA.
18. McTear F.M., Callejas Z., (2013): *Voice Application Development for Android*. Pact Publishing, Birmingham, UK.
19. Metodi T.S, Faruque A., Chong F.T. (2011): *Quantum Computing for Computer Architects*. Morgan & Claypool Publishers, San Rafael, CA, USA.

20. Morley D., Parker C.S, (2011) *Understanding Computers Today and Tomorrow*, 13th Edition. Course Technology Cengage Learning, Boston, MA, USA.
21. Palachaud C.ed., (2013): *Emotion-oriented Systems*. John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, USA.
22. Pan J.S., Chen S.M., Nguyen N.T. eds. (2012): *Intelligent Information and Database Systems*. 4th Asian Conference, ACIIDS, March 2012, Taiwan, Proceedings Part I. Springer, New York, USA.
23. Robertson P.L., Jacobson D. (2011): *Knowledge Transfer and Technology Diffusion*. Edward Edgar Publishing Inc. Northampton, MA, USA.
24. Shelly G.B, Frydenberg F. (2011): *Web 2.0 Concepts and Applications*. Course Technology Cengage Learning, Boston MA, USA.
25. Wahlster W. (2013): *SemProM, Foundations of Semantic Product Memories for the Internet of Things*. Springer Verlag, Berlin Heidelberg.
26. Weinmann J., (2013): *Clouonomics, The Business Value of Cloud Computing*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA.

INDUSTRY 4.0 – REQUIREMENTS FOR THE NEW GENERATION OF ERP SYSTEMS

The article specifies the design-application requirements for ERP systems, which should efficiently support the manufacturing management of the new industry generation. In section 1 the technological generations were identified and linked in the spheres: manufacturing, computer industry and Internet. Afterwards (section 2) the main components of industry 4.0 were analyzed and illustrated with practical examples regarding the digitization of matter / Internet of things. In section 3 relationships were researched – between the operating system in companies and the IT area, pointing to the ERP system as the center of applications. On this basis, in section 4, four key features of ERP were proposed and commented. In the summary (5), a number of conclusions was quoted and directions for further researches were proposed.