

Mirosław ZABOROWSKI  
Wyższa Szkoła Biznesu w Dąbrowie Górniczej

## OBIEKTY REALIZACYJNE W SYSTEMACH STEROWANIA PROCESAMI PRZEDSIĘBIORSTW

**Streszczenie.** W pracy podano definicje podstawowych pojęć opracowanej przez autora teorii sterowania procesami w przedsiębiorstwach. Związki między pojęciami przedstawiono na diagramach klas jako relacje między odpowiadającymi im klasami, a także jako zależności między identyfikatorami obiektów tych klas. Pokazano drzewiastą strukturę związków kompozycyjnych między obiektami biznesowymi i obiektami realizacyjnymi systemów sterowania procesami przedsiębiorstw (systemów EPC). Zwrócono uwagę na zgodność znanych modeli harmonogramowania produkcji ze strukturą szkieletowego systemu EPC.

## REALIZATION OBJECTS IN ENTERPRISE PROCESS CONTROL SYSTEMS

**Summary.** Definitions of basic concepts of the author's theory of enterprise process control have been given in the paper. Relationships between the concepts have been presented as relations between classes corresponding to them in class diagrams and also as dependencies between identifiers of objects of the classes. Furthermore the dendritic structure of composition relationships between business objects and realization objects of enterprise process control systems has been shown. It was noticed that well-known models of production scheduling are compatible with the enterprise process control framework.

### 1. Wprowadzenie

Współcześnie rozwijane standardy integracji systemów zarządzania i sterowania bezpośredniego są opracowywane na podstawie **szkieletów architektury przedsiębiorstw** EAF (Enterprise Architecture Framework), nazywanych też **architekturami referencyjnymi**. Np. standard ISA-95, opisujący integrację systemów zarządzania i sterowania bezpośredniego procesami wytwórczymi [10], opiera się na architekturze referencyjnej PERA (Purdue Enterprise Reference Architecture), opracowanej w USA na uniwersytecie Purdue [13]. Innymi znanymi przykładami EAF są CIMOSA dla przedsiębiorstw wytwórczych [5], TOGAF dla przedsiębiorstw świadczących szeroko rozumiane usługi przetwarzania informacji [8], a także siatka Zachmana [6], ARIS [4] itd. Częścią każdej EAF jest jej język modelowania, czyli

system jej pojęć i związków między pojęciami. Związki te można przedstawiać graficznie za pomocą diagramów danego języka. Na uwagę zasługują języki ArchiMate [1] oraz UEML (Unified Enterprise Modeling Language) [7,12], ponieważ są one wzorowane na języku UML [3], współcześnie dominującym w praktyce inżynierii oprogramowania.

Wyżej wymienione EAF są szkieletami modeli referencyjnych przedsiębiorstw. W przeglądowej pracy [2] strukturę szkieletową opisuje się przytaczając tę definicję ze słownika [11], według której jest to „zbiór założeń, pojęć, wartości i praktyk, który stanowi sposób widzenia rzeczywistości”. W tym samym słowniku podobnie definiuje się pojęcie teorii. Dlatego szkielety modelowania architektury przedsiębiorstw można uważać za sformalizowane teorie zarządzania i sterowania procesami biznesowymi w przedsiębiorstwach. Jednym z aktualnie proponowanych EAF jest opracowana przez autora **teoria EPC3** (Theory of Enterprise Process Control 3), czyli „teoria sterowania procesami w przedsiębiorstwach” [14]. Jest to formalny opis **szkieletowego systemu EPC** (EPCF, Enterprise Process Control Framework). **Językiem modelowania systemów EPC** jest EPML (Enterprise Process Modeling Language), który podobnie jak ArchiMate i UEML jest wzorowany na języku UML [14].

Metamodelem języka EPML jest zbiór diagramów klas narzucających określone związki między obiektami EPML. Każdej klasie obiektów EPML odpowiada jedno z pojęć teorii EPC3. Pojęcia te oraz diagramy klas przedstawiające związki między pojęciami są wprowadzane dedukcyjnie. Niniejszy artykuł jest częściowym rozwinięciem tych fragmentów wstępnej monografii na temat teorii EPC3 [14], które dotyczą obiektów biznesowych w systemach EPC.

## 2. Procesy w przedsiębiorstwach

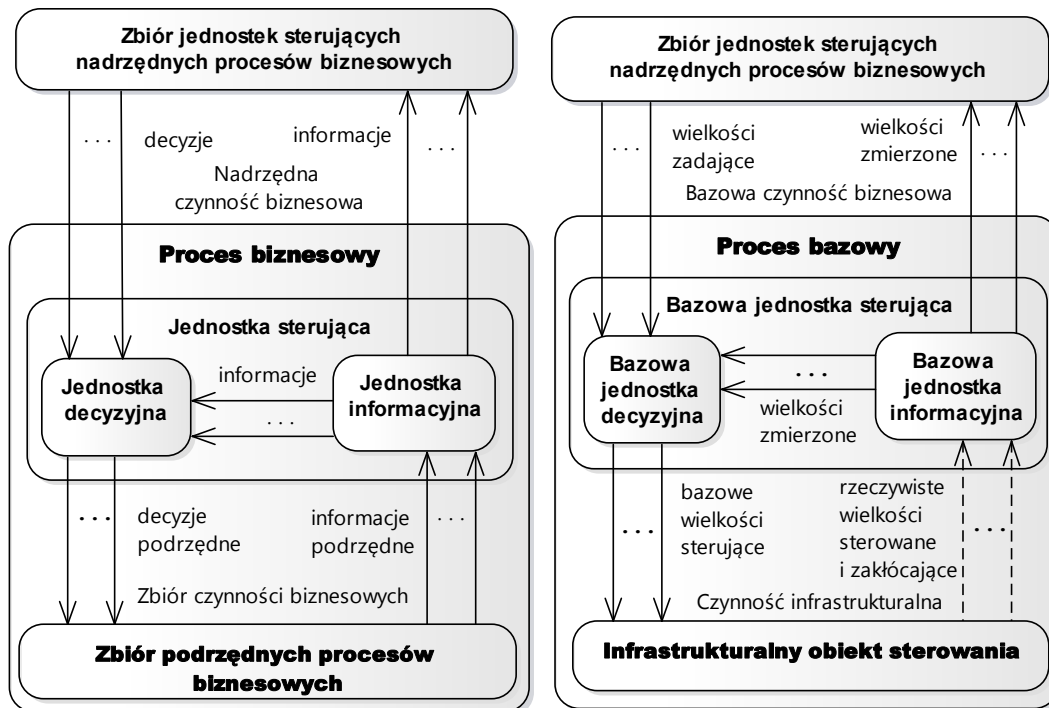
W teorii EPC3 **procesy przedsiębiorstwa**  $p \in Pent$  dzielą się na procesy biznesowe  $p \in P$  i procesy bazowe  $p \in Pb$

$$Pent = P \cup Pb, \quad Pb \cap P = \emptyset.$$

**Proces biznesowy** jest to system sterowania skończonym, częściowo uporządkowanym zbiorem czynności biznesowych (rys. 1), przetwarzających zasoby materialne i/lub usługi na produkty w celu zaspokojenia potrzeb konsumentów, albo potrzeb innych procesów biznesowych, należących do przedsiębiorstwa lub do jego otoczenia. Czynność biznesowa jest procesem biznesowym niższego poziomu, albo procesem bazowym, który nie ma czynności podrzędnych. Produktami procesów biznesowych mogą być zasoby materialne i usługi, w tym usługi przetwarzania informacji. **Proces bazowy** jest systemem sterowania obiektem infrastrukturalnym (rys. 1). Każdy proces przedsiębiorstwa, zarówno biznesowy, jak i bazowy, ma swoją **jednostkę sterującą**, która steruje jego procesami podrzędnymi i dostawczymi.

**Produkty biznesowe**  $r \in R = Rwp \cup Rfb$  należące do określonych czynności biznesowych są to **zasoby i usługi produkcji w toku**, które są wykorzystywane w tych czynnościach,  $r \in Rwp \subset R$ , oraz **gotowe produkty biznesowe**  $r \in Rfp \subset R$ , które są w nich produkowane. **Czynności bazowe**  $a \in Ab \subset A$ , czyli procesy bazowe widziane z zewnątrz, są takimi czynnościami biznesowymi, na najniższym poziomie

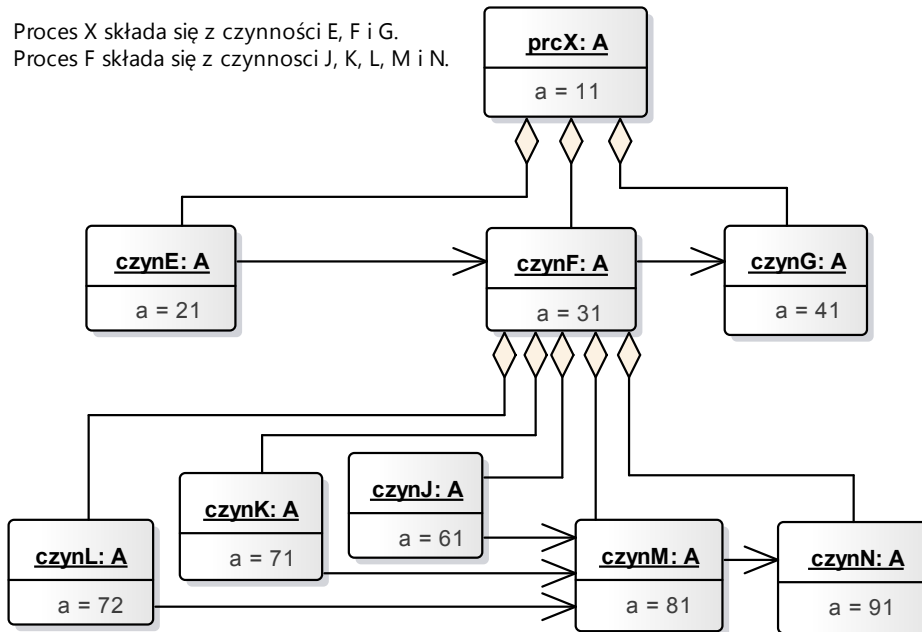
organizacyjnym przedsiębiorstwa, które nie mają żadnych podrzędnych czynności biznesowych.



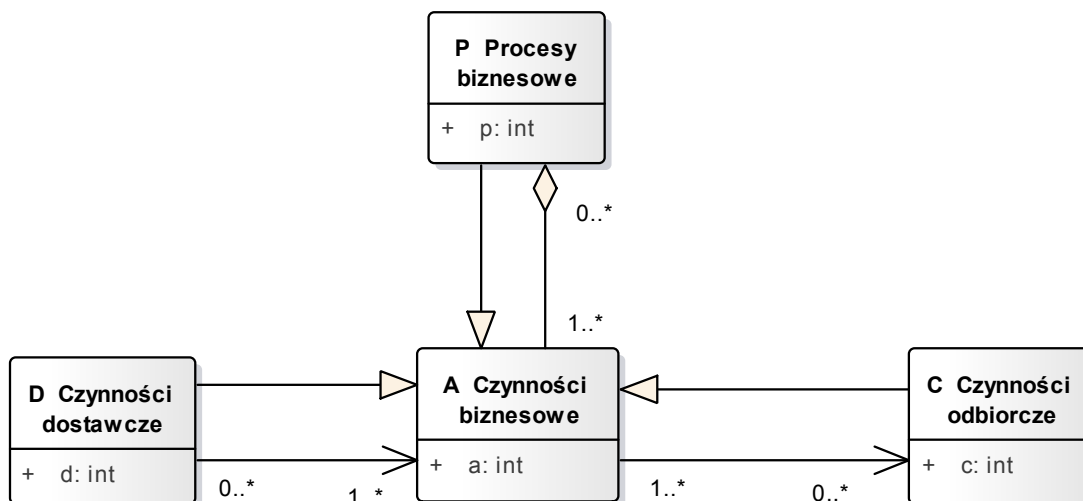
Rys. 1. Procesy biznesowe i bazowe jako systemy sterowania

**Czynności biznesowe**  $a \in A$  są stadiami procesów biznesowych. W szczególnych przypadkach proces biznesowy może zawierać tylko jedną czynność. Z drugiej strony, każdy proces biznesowy widziany z zewnątrz jest czynnością biznesową, nadrzędną względem czynności należących do tego procesu, np. proces czynF jest czynnością w procesie procX (rys. 2), a stąd  $P \subset A$ . Czynność poprzednia względem określonej czynności biznesowej jest nazywana jej **czynnością odbiorczą**,  $c \in C \subset A$ , a czynność następna – **czynnością dostawczą**,  $d \in D \subset A$ , ponieważ czynności te odpowiednio dostarczają produkty wejściowe i odbierają produkty wyjściowe danej czynności. Na przykładowym diagramie hierarchii i porządku czynności w procesach biznesowych (rys. 2) jednostka sterująca czynnościami E, F i G, należącymi do procesu X, jest ukryta w czynności o nazwie „procX”. Analogicznie, jednostka sterująca czynnościami J, K, L, M i N, działającymi w składzie procesu F, jest ukryta w czynności o nazwie „czynF”. W pozostałych czynnościach są ukryte jednostki sterujące obiektami infrastrukturalnymi, albo czynnościami biznesowymi, które na schemacie z rysunku 2 zostały pominięte.

Związkom agregacji i związkom kolejnościowym, widocznym na diagramie obiektów przykładowych procesów biznesowych (rys. 2), odpowiadają relacje agregacji oraz relacje porządku między klasą czynności biznesowych i klasami procesów biznesowych, czynności dostawczych oraz czynności odbiorczych, które są jej podklasami (rys. 3). Liczebność związków asocjacji między obiektami na diagramach klas jest przedstawiana w języku EPML tak samo, jak w języku UML [3].



Rys. 2. Przykład diagramu obiektów dla czynności w procesach biznesowych

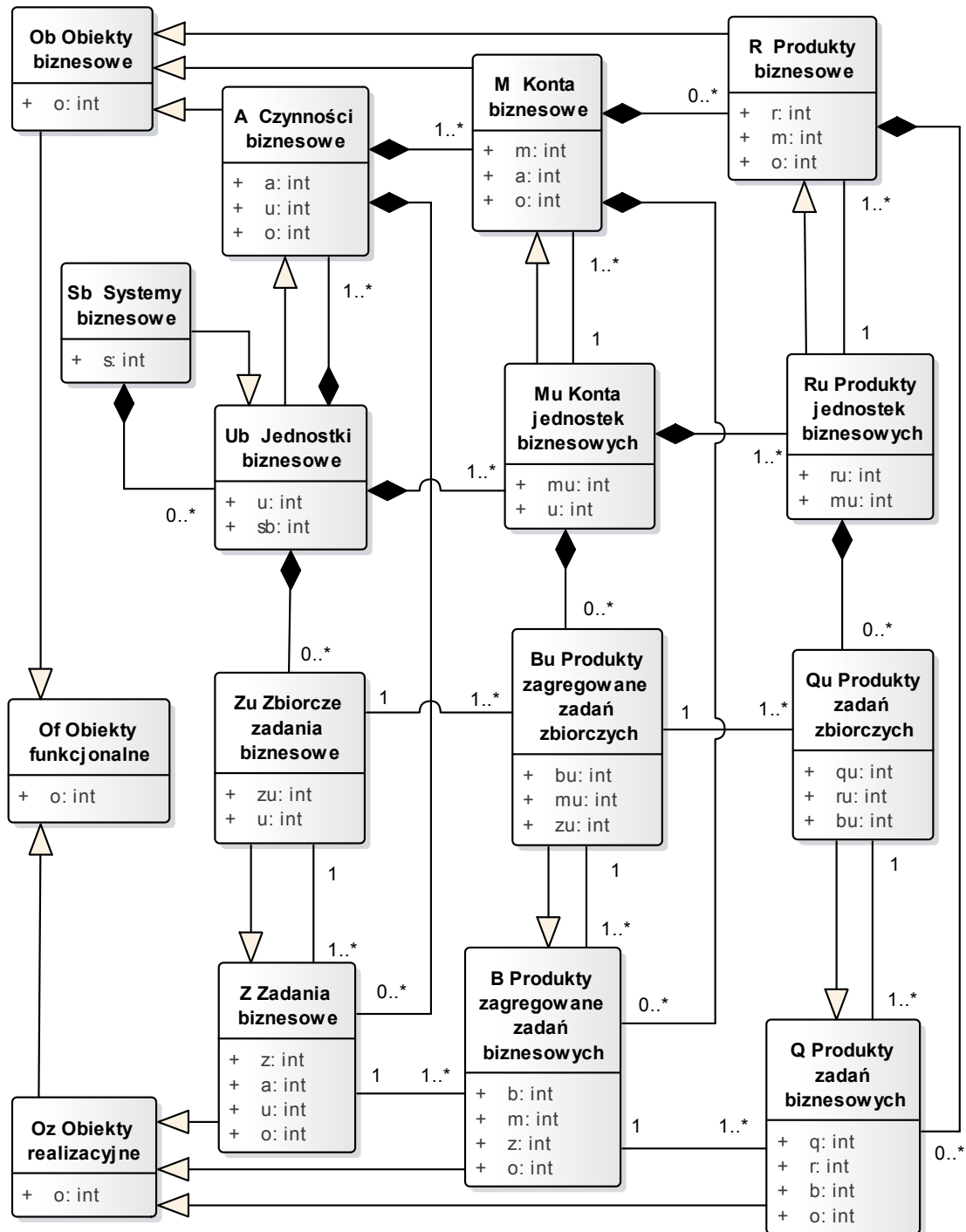


Rys. 3. Diagram klas dla relacji między podklasami czynności biznesowych

### 3. Obiekty funkcjonalne

**Zmienne funkcjonalne**, czyli zmienne informacyjne i decyzyjne, przetwarzane przez jednostki sterujące procesów przedsiębiorstwa (rys. 1), są atrybutami tych procesów i ich czynności podrzędnych [14, rys.2-14]. Mówiąc bardziej szczegółowo, są one atrybutami obiektów funkcjonalnych, które są kompozycyjnie przypisane do czynności biznesowych (rys. 4). Dlatego struktura systemów EPC jest istotnie zależna od struktury związków między obiektami funkcjonalnymi. **Obiekty funkcjonalne**,  $o \in Ob \supset Ob \cup Oz$ , są to uogólnione obiekty biznesowe i realizacyjne (rys. 4). **Obiektami biznesowymi** są **czynności biznesowe** oraz należące do nich **konta biznesowe** i **produkty biznesowe**,  $o \in Ob = A \cup M \cup R$  [14].

Konta biznesowe dzielą się na konta bilansowe i procesowe  $m \in M = Mb \cup Ma$ . **Konta bilansowe** są miejscami informacji  $m(r) \in Mb$  przypisanych do produktów



Rys. 4. Relacje między klasami obiektów funkcjonalnych

biznesowych  $r \in R$ , a pośrednio do czynności biznesowych  $a(m(r)) = a(r) \in A$ , do których należą te produkty. **Konta procesowe**  $m(a) \in Ma$  są miejscami informacji przypisanych bezpośrednio do czynności biznesowych. Konta bilansowe, analogicznie do produktów biznesowych, dzielą się na **konta produkcji w toku** i **konta produktów gotowych**  $m \in Mb = Mwp \cup Mfp$ . Wśród produktów czynności biznesowych wyróżniamy produkty wejściowe i wyjściowe. **Wejściowe produkty**

**biznesowe**  $r \in Rin \subset Rwp \subset R$  są to zasoby i usługi produkcji w toku, ewidencjonowane na **wejściowych kontach biznesowych** czynności biznesowych  $m \in Min \subset Mwp \subset M$ , do których zostały pobrane z ich czynności dostawczych. **Produkty wyjściowe** czynności biznesowych  $r \in Rout \subset Rfb \subset R$  są to produkty gotowe, udostępniane ich czynnościom odbiorczym w określonych miejscach ewidencji produktów, nazywanych **wyjściowymi kontami biznesowymi**  $m \in Mout \subset Mfp \subset M$ . Produkty wyjściowe czynności biznesowych po poborze do innych czynności biznesowych stają się ich produktami wejściowymi i formalnie są uważane za inne produkty biznesowe.

Procesy biznesowe i czynności biznesowe są wykonywane odpowiednio przez **systemy biznesowe**  $s \in Sb$  i **jednostki biznesowe**  $u \in Ub$ . Jednostki biznesowe są komponentami systemów biznesowych. Z drugiej strony, systemy biznesowe widziane z zewnątrz są jednostkami biznesowymi systemów wyższego poziomu  $s \in Sb \subseteq Ub$ . Każda czynność biznesowa  $a \in A$  jest wykonywana przez jedną tylko jednostkę biznesową  $u(a) \in Ub$  i w tym sensie jest jej komponentem. Analogicznie, każdy proces biznesowy  $p \in P$  jest komponentem określonego systemu biznesowego  $s(p) \in Sb$ . W teorii EPC3 systemy biznesowe i jednostki biznesowe są tożsame odpowiednio z grupami wszystkich procesów biznesowych i z grupami wszystkich czynności biznesowych, które są przez nie wykonywane. Dlatego, jako **zbiorcze procesy biznesowe** i **zbiorcze czynności biznesowe**, są zaliczane do czynności biznesowych:  $u \in Ub \subset A$ ,  $s \in Sb \subseteq Ub \subset A$ . Jednostki biznesowe, jako czynności zbiorcze, mają swoje konta i produkty biznesowe  $m^u \in Mu \subset M$ ,  $r^u \in Ru \subset R$ .

**Czynność biznesowa**  $a \in A$  jest czynnością określonego rodzaju  $a^n \in An$ , wykonywaną przez określoną jednostkę biznesową  $u \in Ub$  (rys. 5). Czynności biznesowe są więc obiektami skojarzeniowymi [14] dla skojarzeń czynności rodzajowych z jednostkami biznesowymi:

$$a = id(a^n, u) \in A.$$

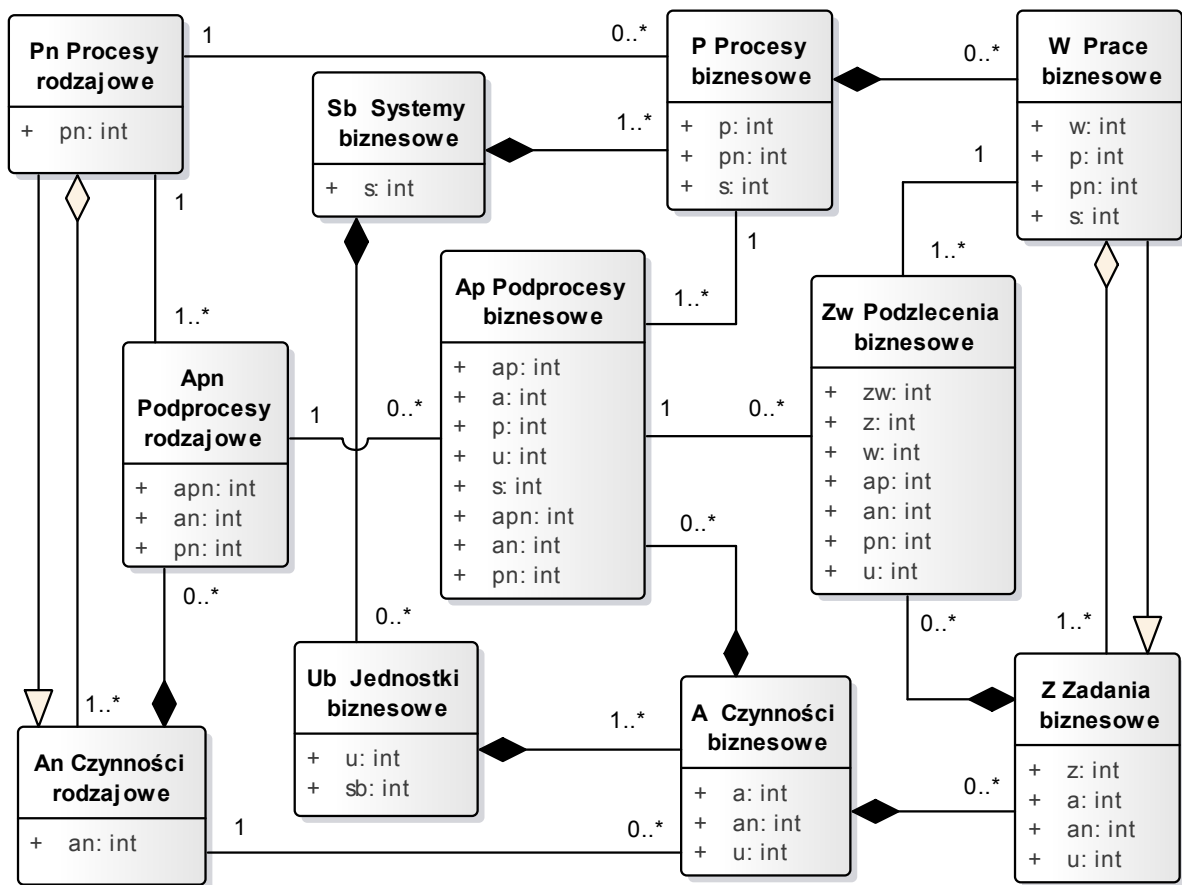
Wzór ten jest przykładem definicji obiektu skojarzeniowego poprzez deklarację równości jego identyfikatora z identyfikatorem skojarzenia identyfikatorów obiektów kojarzonych [14]. Identyfikatory obiektów kojarzonych, jako **atrybuty referencyjne** obiektów skojarzeniowych, zależą funkcyjnie od ich identyfikatorów, a zatem

$$a^n(a) \in An, \quad u(a) \in Ub, \quad dla \quad a \in A.$$

Inaczej mówiąc, każdej czynności biznesowej  $a \in A$  odpowiada dokładnie jedna **czynność rodzajowa**  $a^n \in An$  i dokładnie jedna jednostka biznesowa  $u \in Ub$ .

Procesy biznesowe widziane z zewnątrz są czynnościami biznesowymi. Zatem, analogicznie do czynności biznesowej, **proces biznesowy**  $p \in P$  jest **procesem rodzajowym**  $p^n \in Pn$ , wykonywanym przez określony system biznesowy  $s \in Sb$ , a stąd:

$$p = id(p^n, s) \in P, \\ p^n(p) \in Pn, \quad s(p) \in Sb, \quad dla \quad p \in P.$$



Rys. 5. Relacje między klasami i podklasami czynności i zadań biznesowych

Podprocesy biznesowe, definiowane jako obiekty skojarzeniowe czynności biznesowych z ich nadrzędnymi procesami biznesowymi

$$a^p = id(a, p) = id(a^n, u, p^n, s) = id(a^n, p^n, u, s(u)) = id(a^{pn}, u) \in Ap,$$

są też obiektami skojarzeniowymi dla podprocesów rodzajowych i jednostek biznesowych, które je wykonują.

#### 4. Zadania biznesowe

W teorii EPC3 konkretne realizacje procesów i czynności biznesowych są nazywane odpowiednio **pracami biznesowymi**  $w \in W \subset Z$  i **zadaniami biznesowymi**  $z \in Z$  (rys. 5). Zadanie biznesowe jest jednokrotnym lub wielokrotnym wykonaniem czynności biznesowej. Jednokrotne wykonanie jest nazywane **zadaniem jednostkowym**  $z \in Z_j \subset Z$ . Analogicznie, **praca jednostkowa**  $w \in W_j \subset W$  jest jednokrotnym wykonaniem procesu biznesowego. Wykonania zbiorczych czynności i procesów biznesowych nazywamy odpowiednio **zbiorczymi zadaniami**  $z \in Z_u \subset Z$  i **zbiorczymi pracami** biznesowymi  $w \in W_s \subset Z$ .

Wykonania czynności biznesowych  $z \in Z$  w ramach wykonań określonych procesów biznesowych  $w \in W$ , czyli wykonania  $z^w = id(z, w)$  określonych podprocesów biznesowych  $a^p \in Ap$  nazywamy **podzleceniami biznesowymi** (rys. 5). Identyfikatory czynności biznesowych wykonywanych w określonych zadaniach biznesowych zależą funkcyjnie od identyfikatorów tych zadań, co na diagramie klas (rys. 5) jest reprezentowane przez związek kompozycji. To samo dotyczy procesów wykonywanych w pracach biznesowych oraz podprocesów wykonywanych w ramach podzleceń biznesowych

$$a(z) \in A, \text{ dla } z \in Z, \quad p(w) \in P, \text{ dla } w \in W, \quad a^p(z^w) \in Ap, \text{ dla } z^w \in Zw.$$

Wiele znanych modeli problemów harmonogramowania produkcji można przedstawić jako szczególne przypadki problemu szeregowania podzleceń biznesowych. Podzlecenie biznesowe może być identyfikowane nie tylko przez swój numer identyfikacyjny, lecz także przez krotki identyfikacyjne, wybierane spośród jego atrybutów referencyjnych stosownie do poszczególnych modeli. (Część tych atrybutów pokazano wewnątrz prostokąta symbolizującego klasę podzleceń biznesowych na rysunku 5). Różne modele problemów harmonogramowania charakteryzują się różnymi zależnościami funkcyjnymi między tymi atrybutami. Jedną z krotek identyfikacyjnych odpowiednich dla każdego modelu szeregowania podzleceń jest czwórka  $(z^w, a^n, u, p^n)$ , ponieważ

$$z^w = id(z^w) = id(z^w, a^p) = id(z^w, a^n, u, p^n, s(u)) = id(z^w, a^n, u, p^n) \in Zw$$

Dla przykładu przedyskutujemy problem harmonogramowania procesów wielostadialnych typu gniazdowego (ang. job shop) [9]). Szeregowane zadania są identyfikowane przez pary  $(i, j)$ , przy czym  $i$  jest indeksem maszyn, a  $j$  – indeksem typów wyrobów. W teorii EPC3 odpowiadają im pary  $(u, p^n)$ , przy czym jednostki biznesowe  $u \in Ub$  reprezentują maszyny wykonujące operacje, a rodzaje procesów biznesowych  $p^n \in Pn$  odpowiadają typom wyrobów. W czwórce identyfikacyjnej zleceń stadialnych można pominąć numer  $z^w$  wykonania podprocesu  $a^p$  ponieważ każdy podproces (w tym przypadku operacja stadialna) jest wykonywany tylko raz. W trójce  $(a^n, u, p^n)$  można pominąć rodzaj czynności  $a^n$ , ponieważ na marszrucie danego typu wyrobu każda maszyna jest dedykowana do wykonania określonego typu operacji, a zatem

$$id(a^n, u, p^n) = id(a^n(u, p^n), u, p^n) = id(u, p^n)$$

## 5. Produkty zadań biznesowych

Produkty biznesowe są produktami określonych rodzajów, przypisanymi do określonych kont biznesowych w określonych czynnościach biznesowych. **Produkty zadań biznesowych**  $q \in Q$  są produktami biznesowymi, przypisanymi do określonych zadań biznesowych. Są one **produktami jednostkowymi**, czyli produktami zadań jednostkowych  $q \in Qj \subset Q$ , albo ich seriami. Grupy produktów zadań  $b \in B$ , ewidencjonowanych na określonych kontach biznesowych, nazwano



**zagregowanymi produktami zadań biznesowych.** W przeciwieństwie do abstrakcyjnych produktów biznesowych produkty zadań biznesowych są konkretnymi produktami o określonych rodzajach, przypisanymi do określonych kont biznesowych oraz do konkretnych zadań biznesowych. Zadania biznesowe oraz ich produkty nazywamy **obiektami realizacyjnymi**  $o \in Oz = Z \cup B \cup Q$  (rys. 4), ponieważ są konkretnymi realizacjami czynności i produktów biznesowych.

Obiekty realizacyjne są kompozycyjnie przypisane do odpowiednich obiektów biznesowych. Na diagramie klas z rysunku 4 jest to widoczne w formie relacji kompozycji między klasami czynności biznesowych i zadań biznesowych, kont biznesowych i zagregowanych produktów zadań biznesowych, produktów biznesowych i produktów zadań biznesowych, jednostek biznesowych i zbiorczych zadań biznesowych, kont jednostek biznesowych i zagregowanych produktów zadań zbiorczych oraz produktów jednostek biznesowych i produktów zadań zbiorczych. Związki te, wraz ze związkami kompozycji drzewa struktury obiektów biznesowych [14], składają się na **drzewo struktury obiektów funkcjonalnych**, którego korzeniem jest przedsiębiorstwo jako całość. Z drugiej strony, każda zmienna informacyjna lub decyzyjna jest kompozycyjnie przypisana do jednego określonego obiektu funkcjonalnego w danym systemie EPC.

## 6. Wnioski

W pracy pokazano, że każda zmienna informacyjna lub decyzyjna w każdym systemie sterowania procesami w przedsiębiorstwie ma swoje określone miejsce w strukturze drzewiastej obiektów funkcjonalnych tego systemu. Jest to jedna z istotnych właściwości szkieletowego systemu EPC.

Przedstawione w pracy uwagi na temat formułowania problemów szeregowania zadań zgodnie ze strukturą podleceń biznesowych w szkieletowym systemie EPC są kolejnym potwierdzeniem słuszności hipotezy o uniwersalności teorii EPC3 [14].

## LITERATURA

1. ArchiMate 2.0 Specification, The Open Group 2012.
2. Bernus P., Noran O., Molina A.: Enterprise architecture: Twenty years of the GERAM framework. Annual Reviews in Control, vol. 39, 2015, p. 83–93.
3. Booch G., Jacobson I., Rumbaugh J.: UML – przewodnik użytkownika. WNT 2002.
4. Davis R., Brabander E.: ARIS Design Platform. Getting Started with BPM. Springer-Verlag, 2007.
5. Kosanke K., Vernadat F., Zelm M.: CIMOSA: enterprise engineering and integration. Computers in Industry, vol.40, issue 2-3, 1999, p.83–97.
6. Noran O.: An analysis of the Zachman framework for enterprise architecture from the GERAM perspective. Annual Reviews in Control, vol. 27, 2003, p.163–183.
7. Panetto H.: Towards a classification framework for interoperability of enterprise applications. International Journal of Computer Integrated Manufacturing, vol. 20, no. 8, 2007, p. 727–740.

8. Saha P.: Analyzing TOGAF from the GERAM perspective. *Annual Reviews in Control*, vol. 27, 2003, p.163-183.  
[http://www.opengroup.org/architecture/wp/saha/TOGAF\\_GERAM\\_Mapping.htm](http://www.opengroup.org/architecture/wp/saha/TOGAF_GERAM_Mapping.htm)
9. Sawik T.: *Optymalizacja dyskretna w elastycznych systemach produkcyjnych*. WNT, Warszawa 1992.
10. Scholten B.: *The road to integration. A guide to applying the ISA-95 standard in manufacturing*. ISA Publ. 2007.
11. *The American Heritage Dictionary of the English Language*, 4th edition (2000, Updated 2009). Boston: Houghton Mifflin.
12. Vernadat F.: UEML: towards a unified enterprise modelling language. *International Journal of Production Research*, vol. 40, no. 17, 2002, p. 4309–4321.
13. Williams T.: The Purdue Enterprise Reference Architecture. *Computers in Industry*, vol.24, issue 2-3, 1994, p. 141–158.
14. Zaborowski M.: *Wstęp do teorii sterowania procesami w przedsiębiorstwach*. Wyd. WSB, Dąbrowa Górnicza 2016.