

**Studia i Materiały  
Informatyki Stosowanej**



# **Studia i Materiały Informatyki Stosowanej**

Czasopismo młodych pracowników  
naukowych, doktorantów i studentów

Tom 13, Nr 2, 2021

Bydgoszcz 2021

**Studia i Materiały Informatyki Stosowanej**  
**Czasopismo młodych pracowników naukowych, doktorantów**  
**i studentów**

© Copyright 2021 by Uniwersytet Kazimierza Wielkiego

**Patronat naukowy:**

Instytut Informatyki  
Uniwersytet Kazimierza Wielkiego  
ul. Chodkiewicza 30  
85-064 Bydgoszcz  
tel. (052) 325 76 11  
e-mail: [simis@ukw.edu.pl](mailto:simis@ukw.edu.pl)

**ISSN 1689-6300**

**Projekt okładki: Łukasz Zawadzki (StudioStrzelec.pl)**  
**DTP: Dawid Ewald**

**Wydawca:**

Instytut Informatyki  
Uniwersytet Kazimierza Wielkiego  
Dyrektor:  
dr hab. inż. Izabela Rojek, prof. uczelni  
ul. Chodkiewicza 30  
85-064 Bydgoszcz  
tel. +48 52 325 76 11  
*email: [izarojek@ukw.edu.pl](mailto:izarojek@ukw.edu.pl)*

**Kontakt:**

dr inż. Jacek Czerniak, prof. uczelni  
dr hab. inż. Marek Macko, prof. uczelni  
Uniwersytet Kazimierza Wielkiego  
ul. Chodkiewicza 30  
85-064 Bydgoszcz  
*e-mail: [jczerniak@ukw.edu.pl](mailto:jczerniak@ukw.edu.pl)*  
*[mackomar@ukw.edu.pl](mailto:mackomar@ukw.edu.pl)*

**Druk (ze środków sponsora):**  
**Oficyna Wydawnicza MW**

**Nakład 250 egz.**

**Bydgoszcz 2021**

**Studies and Materials  
in  
Applied Computer  
Science**

Journal of young researchers,  
PhD students and students

Vol. 13, No.2, 2020

Bydgoszcz 2021

**Studies and Materials in Applied Computer Science**  
**Journal of young researchers, PhD students and students**

© Copyright 2021 by Kazimierz Wielki University in Bydgoszcz

**Scientific patronage:**  
Institute of Informatics  
Kazimierz Wielki University  
ul. Chodkiewicza 30  
85-064 Bydgoszcz, Poland  
tel. +48 52 325 76 11  
*e-mail: simis@ukw.edu.pl*

**ISSN 1689-6300**

**Cover designed by: Łukasz Zawadzki (StudioStrzelec.pl)**  
**DTP by: Dawid Ewald**

**Publisher:**

Institute of Informatics  
Kazimierz Wielki University  
Head:  
Izabela Rojek, PhD DSc Eng Assoc. Prof.  
ul. Chodkiewicza 30  
85-064 Bydgoszcz, Poland  
tel. + 48 52 325 76 11  
*e-mail: izarojek@ukw.edu.pl*

**Contact:**

Jacek Czerniak, PhD. Eng. Assoc. Prof.  
Marek Macko, PhD. DSc. Eng., Assoc Prof  
Kazimierz Wielki University  
ul. Chodkiewicza 30  
85-064 Bydgoszcz, Poland  
*e-mail: jczerniak@ukw.edu.pl*  
*mackomar@ukw.edu.pl*

**Printing (funded from non-profit programme):**  
**Oficyna Wydawnicza MW**

**Edition of 250 copies**

**Bydgoszcz 2021**

# Studia i Materiały Informatyki Stosowanej

czasopismo młodych pracowników naukowych, doktorantów i studentów

patronat: Polskie Towarzystwo Informatyczne



## Przewodniczący Rady Naukowej

prof. dr hab. inż. czł. rzec. PAN Janusz Aleksander Kacprzyk, IBS PAN

## Redaktorzy Naczelni

dr inż. Jacek Czerniak, UKW  
dr hab. inż. Marek Macko, prof. nadzw.

## Redaktor Zarządzający

dr inż. Łukasz Apiecionek, UKW

## Redaktor Statystyczny

dr Iwona Filipowicz, UKW

## Komitet Redakcyjny

dr inż. Mariusz Dramski, AM  
dr inż. Hubert Zarzycki, WWSIS  
dr inż. Marcin Łukasiewicz, UTP  
dr inż. Piotr Dziurzański, ZUT  
dr inż. Tomasz Kałaczyński, UTP  
dr hab. inż. Grzegorz Domek, prof. nadzw.  
dr Piotr Prokopowicz, UKW

## Redaktor Tematyczny (Informatyka)

prof. dr inż. Rafał A. Angryk, GSU

## Redaktor Tematyczny (Mechatronika)

prof. dr.h.c.mult. Peter Kopacek, VUT

## Redaktor Tematyczny (Metody numeryczne)

dr hab. Petro Filevych, LNUVB

## Redaktor Językowy (j.polski)

dr Małgorzata Kempieńska, FRM

## Redaktor Językowy (j.angielski)

Andrew Gill, Reed Elsevier, UK

## Rada Naukowa

dr hab. Stanisław	Ambroszkiewicz	Instytut Podstaw Informatyki PAN
prof. dr inż. Rafał A.	Angryk	Georgia State University, USA
dr hab. Zenon	Biniek	Wyższa Szkoła Technologii Informatycznych
prof. dr hab. inż. Ryszard	Budziński	Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny
dr inż. Joanna	Chimiak-Opoka	University of Innsbruck, Austria
prof. dr hab. inż. Ryszard	Choraś	Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy
dr hab. Petro	Filevych	Lviv National University of Veterinary and Biotechnologies, Ukraina
prof. dr hab. inż. Piotr	Gajewski	Wojskowa Akademia Techniczna
dr inż. Marek	Holyński	Prezes Polskiego Towarzystwa Informatycznego
prof. dr hab. inż. czł. rzec. PAN Janusz	Kacprzyk	Instytut Badań Systemowych PAN
dr hab. inż. Andrzej	Kobyliński	Szkoła Główna Handlowa
prof. dr.h.c.mult. Peter	Kopacek	Vienna University of Technology, Austria
prof. dr hab. inż. czł. koresp. PAN Józef	Korbicz	Uniwersytet Zielonogórski
prof. dr hab. inż. Jacek	Koronacki	Instytut Podstaw Informatyki PAN
prof. dr hab. inż. Marek	Kurzyński	Politechnika Wrocławska
prof. dr hab. inż. Halina	Kwaśnicka	Politechnika Wrocławska
prof. dr Miroslaw	Majewski	New York Institute of Technology, United Arab Emirates
dr inż. Dariusz	Mikolajewski	Uniwersytet Kazimierza Wielkiego
prof. dr hab. Andrzej	Marciniak	Politechnika Poznańska
dr hab. Marcin	Paprzycki	Instytut Badań Systemowych PAN
prof. dr hab. inż. czł. PAN Witold	Pedrycz	University of Alberta, Canada
prof. dr hab. inż. Andrzej	Piegat	Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny
prof. dr hab. inż. Andrzej	Polański	Politechnika Śląska
prof. dr hab. inż. Orest	Popov	Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny
prof. dr inż. George	Przybył Einstein	College of Medicine, USAT Montserrat
dr hab. inż. prof. nadzw. Izabela	Rojek	Uniwersytet Kazimierza Wielkiego
prof. dr hab. inż. Danuta	Rutkowska	Politechnika Częstochowska
prof. dr hab. inż. czł. koresp. PAN Leszek	Rutkowski	Politechnika Częstochowska
prof. dr hab. inż. Milan	Sága	Žilinská Univerzita, Słowacja
prof. dr hab. inż. czł. rzec. PAN Roman	Słowiński	Instytut Badań Systemowych PAN, Politechnika Poznańska
prof. dr hab. inż. Włodzimierz	Sosnowski	Uniwersytet Kazimierza Wielkiego, IPPT PAN
prof. dr hab. inż. Andrzej	Stateczny	Akademia Morska w Szczecinie
dr hab. inż. Jan	Studziński	Instytut Badań Systemowych PAN
prof. dr hab. Tomasz	Szapiro	Szkoła Główna Handlowa
dr hab. Janusz	Szczepański	Uniwersytet Kazimierza Wielkiego, IPPT PAN
prof. dr hab. inż. czł. rzec. PAN Ryszard	Tadeusiewicz	Akademia Górniczo-Hutnicza
prof. zw. dr hab. inż. czł. rzec. PAN Jan	Węglarz	Instytut Chemii Bioorganicznej PAN, Politechnika Poznańska
prof. dr hab. inż. Sławomir	Wierchoń	Instytut Podstaw Informatyki PAN
prof. dr hab. inż. Antoni	Wiliński	Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny
dr hab. inż. Andrzej	Wiśniewski	Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach
dr hab. inż. Ryszard	Wojtyna	Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy
prof. dr hab. Sławomir	Zadrożny	Instytut Badań Systemowych PAN
prof. dr. inż. Milan	Žmindák	Žilinská Univerzita, Słowacja
prof. dr hab. Zenon	Zwierzewicz	Akademia Morska w Szczecinie

## **SPIS TREŚCI**

<b>Od Redakcji</b> .....	4
<b>Baza danych w przedsiębiorstwie</b> Zbyszko Królikowski, Izabela Rojek .....	5
<b>Wybrane praktyczne aspekty wyboru zintegrowanego systemu informatycznego do zarządzania przedsiębiorstwem</b> Mieczysław Jagodziński .....	11
<b>Wybrane praktyczne aspekty wdrożenia zintegrowanego systemu informatycznego do zarządzania przedsiębiorstwem</b> Mieczysław Jagodziński .....	16
<b>Fraktalna analiza i predykcja zmian parametrów chodu</b> Dariusz Mikołajewski, Emilia Mikołajewska, Belco Sangho .....	21





## **OD REDAKCJI**

*Szanowni Czytelnicy,*

*Kolejny numer naszego czasopisma poświęcony jest szerokiemu przekrojowi zagadnień z obszaru informatyki stosowanej. Pierwsze trzy artykuły dotyczą problemu wyboru i implementacji systemów informatycznych i baz danych w przedsiębiorstwie, natomiast czwarty artykuł dotyczy wykorzystania metod i technik informatycznych w praktyce klinicznej. Wpisuje się to w szerszy paradygmat Przemysłu 4.0 wyrażony postępującą informatyzacją, automatyzacją oraz upowszechnieniem rozwiązań inteligencji obliczeniowej. Kładzie się na tym również cień pandemii COVID-19, która przyczyniła się do rozwoju tej grupy rozwiązań, z jednej strony podkreślając prymat szybkości obliczeń i analiz (w tym w modelowaniu przebiegu pandemii czy opracowaniu szczepionek), a z drugiej strony pokazując potrzebę pracy zdalnej lub wręcz zastąpienia przez AI części chorych pracowników. Wszystko wskazuje na to, że ww. tendencje się utrzymają, a przyrost rozwiązań informatycznych w przemyśle będzie rósł wykładniczo co najmniej do końca obecnej dekady. Stawia to nowe wymagania uczelniom: przygotowania studentów i innowacyjnych rozwiązań wspierających ten proces, co w warunkach niemal skokowych zmian technologicznych może stanowić kluczowy czynnik decydujący o sukcesie tej transformacji cyfrowej.*

Redaktorzy Naczelni SiMIS,  
dr hab. inż. Jacek Czerniak, prof. uczelni  
dr hab. inż. Marek Macko, prof. uczelni

# BAZY DANYCH W PRZEDSIĘBIORSTWIE

Zbyszko Królikowski, Izabela Rojek

Uniwersytet Kazimierza Wielkiego, Instytut Informatyki, Chodkiewicza 30, 85-064 Bydgoszcz  
e-mail: izarojek@ukw.edu.pl

**Streszczenie:** W artykule scharakteryzowano bazy danych w przedsiębiorstwie produkcyjnym. W szczególności omówiono cechy charakterystyczne przedsiębiorstwa. Zdefiniowano bazy danych oraz przedstawiono architekturę scentralizowanej bazy danych. Jako przypadek szczególny omówiono możliwość zastosowania bazy danych w przedsiębiorstwie produkcyjnym. Artykuł ten jest pierwszym z cyklu wprowadzającym do wybranej tematyki.

**Słowa kluczowe:** Baza danych, podejście scentralizowane, przedsiębiorstwo

## Enterprise Databases

**Abstract:** The article characterizes databases in an enterprise. In particular, the characteristics of the production enterprise were discussed. Databases were defined and the architecture of the centralized database was presented. As a special case, the possibility of using the database in a manufacturing company was discussed. This article is the first in the cycle.

**Key words:** Database, centralized approach, enterprise

### 1. Wprowadzenie

Bazy danych stanowią główną część systemu informatycznego firmy, czy przedsiębiorstwa. Współcześnie są szeroko stosowane i można je znaleźć w przedsiębiorstwach o różnej wielkości. Bazy danych tworzone są w sytuacji, gdy firma posiada ogromną liczbę danych lub ma trudności w ich przechowywaniu i udostępnianiu, szczególnie, gdy chodzi o szybki dostęp do tych danych.

Obecnie standardem jest tworzenie bazy danych na podstawie tzw. modelu relacyjnego [1,2,3]. Oczywiście nie jest to jedyny używany model danych, niemniej jednak ze względu na jego powszechność oraz dostępność narzędzi do tworzenia systemów relacyjnych baz danych ten model zostanie przedstawiony podczas opisu metodyki tworzenia bazy danych. Popularnym narzędziem, służącym do tworzenia małych relacyjnych baz danych, jest MS Access. Natomiast duże, profesjonalne, relacyjne bazy danych tworzone są na podstawie takich produktów, jak MS SQL Server czy Oracle.

Dane, informacje i wiedza stanowią niematerialny zasób, obecnie uważany za najważniejszy z punktu widzenia zarządzania przedsiębiorstwem. Zasoby danych utrzymywane są w systemach informacyjnych przedsiębiorstwa dzięki odpowiedniemu oprogramowaniu i za jego pośrednictwem są udostępniane użytkownikom.

W artykule przedstawiono pierwszy etap badań autorów dotyczący rozważań nad strukturą baz danych w przedsiębiorstwie produkcyjnym.

### 2. Przedsiębiorstwo produkcyjne

Dzisiejsze przedsiębiorstwa funkcjonują w bardzo różnych strukturach organizacyjnych, mimo że ich produkcja jest wynikiem ścisłej współpracy z wieloma kooperantami. Współpraca ta odnosi się do efektywnych metod projektowania, produkcji, eksploatacji i serwisu własnych wyrobów. Jednak w tradycyjnym ujęciu przedsiębiorstwa możemy podzielić na kilka grup w zależności od liczby zatrudnionych osób oraz liczby funkcjonujących działów. Wraz z wielkością przedsiębiorstw rośnie liczba funkcjonujących w nim działów. Można tutaj wyróżnić począwszy od przedsiębiorstwa jednoosobowego, a skończywszy na dużym przedsiębiorstwie, w którym występuje duże rozczłonkowanie funkcji i kompetencji [4].

Podstawowe funkcje przedsiębiorstwa omówione zostały na przykładzie przedsiębiorstwa średniej wielkości, w którym można wyróżnić następujące podstawowe działy:

- kadr, w którym następuje obsługa pracowników od zatrudnienia aż do rozwiązania umowy; określane są: stanowisko, dokumenty, doświadczenie zawodowe, wykształcenie, ubezpieczenie pracownika; kontrolowane są badania lekarskie, itd.

- finansów (płac), w którym następuje obsługa płatności, w tym kontrolowanie absencji pracowników, kartotek płacowych miesięcznych i rocznych, stawki płacowe, potrącenia, składki, raty pożyczek, naliczanie urlopów, itp.
- rachunkowości (księgowości), w którym dokonuje się obsługi finansów firmy, kartoteki środków trwałych, dostawców, klientów, faktur, itp.
- planowania produkcji, który realizuje wszystkie czynności związane z planowaniem produkcji; planuje niezbędne do realizacji produkcji zakupy, ustala harmonogram produkcji, planuje obciążenia maszyn i urządzeń technologicznych, ustala terminy i koszty produkcji,
- zapewnienia jakości, który kontroluje przychodzące zakupy oraz ma zagwarantować dostawę do klienta wyrobu spełniającego jego wymagania,
- konstrukcji i przygotowania produkcji (konstrukcji i technologii), w którym:
  - dział konstrukcji realizuje wszystkie czynności związane z rozwojem wyrobu. Przez rozwój wyrobu rozumie się wszystkie fazy konstruowania począwszy od koncepcji, konstrukcji budowy i badania prototypu, aż do wykonania rysunku wyrobu oraz dokumentacji konstrukcyjnej,
  - dział technologii realizuje wszystkie czynności związane z przygotowaniem procesu technologicznego i/lub procesu montażowego. Proces technologiczny obejmuje kolejność operacji technologicznych niezbędnych do wykonania wyrobu lub/ oraz jego montażu. Proces technologiczny i/lub montażowy zawiera wszystkie niezbędne elementy (metodę wykonania, narzędzia i maszyny, narzędzia, przyrządy itp.) niezbędne do przeprowadzenia procesu technologicznego, a także planowane czasy wykonania i czasy przygotowawczo-zakończeniowe,
- zakupów i gospodarki materiałowej, który realizuje wszystkie czynności związane z przepływem materiałów oraz środków do produkcji w przedsiębiorstwie. Celem działalności tego działu jest zabezpieczenie dostępu do odpowiednich materiałów we właściwym czasie, na właściwym miejscu i we właściwych ilościach,
- produkcji i montażu (produkcji podstawowej, pomocniczej, montażu), który realizuje proces technologiczny opracowany w dziale przygotowania technicznego produkcji zgodnie z harmonogramem produkcji przygotowanym w dziale planowania produkcji. Meldunki zwrotne o zaawansowaniu procesu technologicznego i wykonaniu poszczególnych operacji służą do

bieżącej kontroli produkcji oraz korygowania planu produkcji,

- utrzymania ruchu, który zapewnia gotowość maszyn, urządzeń technologicznych i transportowych do wykonywania zadań produkcyjnych poprzez właściwe i czasowe realizowanie procesu technologicznego. Dział ten zajmuje się planowaniem remontów i napraw oraz nadzorem ich realizacji (czasem również samą realizacją),
- sprzedaży, obsługi klienta i reklamy, który zajmuje się planowaniem i dystrybucją sprzedaży wyrobów produkowanych w przedsiębiorstwie, obsługą klienta oraz reklamami. Ze sprzedażą wyrobów i obsługą klienta związane są bezpośrednio działania promocyjne firmy takie jak reklama [4].

Przedsiębiorstwo w różnym stopniu może korzystać z techniki komputerowej. Poczynając od wykorzystania komputera do prowadzenia tylko biura (korespondencja i prowadzenie księgi rachunkowej) przez wykorzystanie techniki CAD/CAM czy zintegrowanych systemów planowania i sterowania produkcją a kończąc na zintegrowanych systemach zarządzania całym przedsiębiorstwem.

### 3. Bazy danych

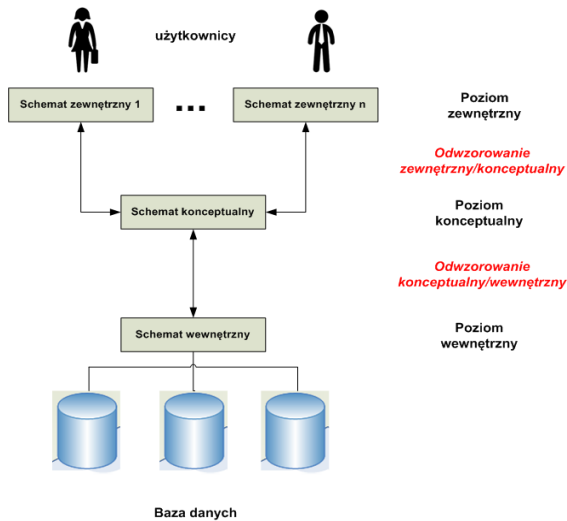
Baza danych jest abstrakcyjnym, informatycznym odzwierciedleniem wybranego fragmentu rzeczywistości, nazywanego miniświatem. Zmiany w tym miniświecie są rejestrowane w bazach danych [1,2,3]. Fragment rzeczywistości może odzwierciedlać rzeczywistość fizyczną i konceptualną. Baza danych jest to uporządkowany zbiór danych, które:

- są ze sobą wzajemnie powiązane,
- pamiętane są bez zbędnej redundancji (nadmiarowości),
- znajdują się pod wspólną kontrolą, zapewniającą ich niesprzeczność (integralność) oraz bezpieczeństwo.

Schemat bazy danych projektuje się na trzech poziomach (rys. 1):

- poziom *wewnętrzny* (ma schemat wewnętrzny) opisuje fizyczną strukturę baz danych używa fizycznego modelu danych i opisuje wszystkie szczegóły o pamiętanych danych oraz ścieżki dostępu do baz danych,
- poziom *konceptualny* zawiera schemat konceptualny, który opisuje strukturę całej bazy danych w celu komunikacji z użytkownikiem. Schemat konceptualny ukrywa szczegóły pamięci fizycznej i koncentruje się na opisie obiektów, typów danych, relacji (związków), operacji użytkownika i ograniczeń. Na tym poziomie może być użyty model danych wyższego poziomu lub model implementacyjny danych,

- poziom *zewnętrzny* lub poziom widoku zawiera schematy zewnętrzne lub obrazy użytkowników. Każdy schemat zewnętrzny opisuje część bazy danych konkretnej grupy użytkowników zainteresowanej tą częścią i ukrywa resztę bazy danych innych grup użytkowników. Na tym poziomie może być użyty model danych wysokiego poziomu lub model implementacyjny danych [1].



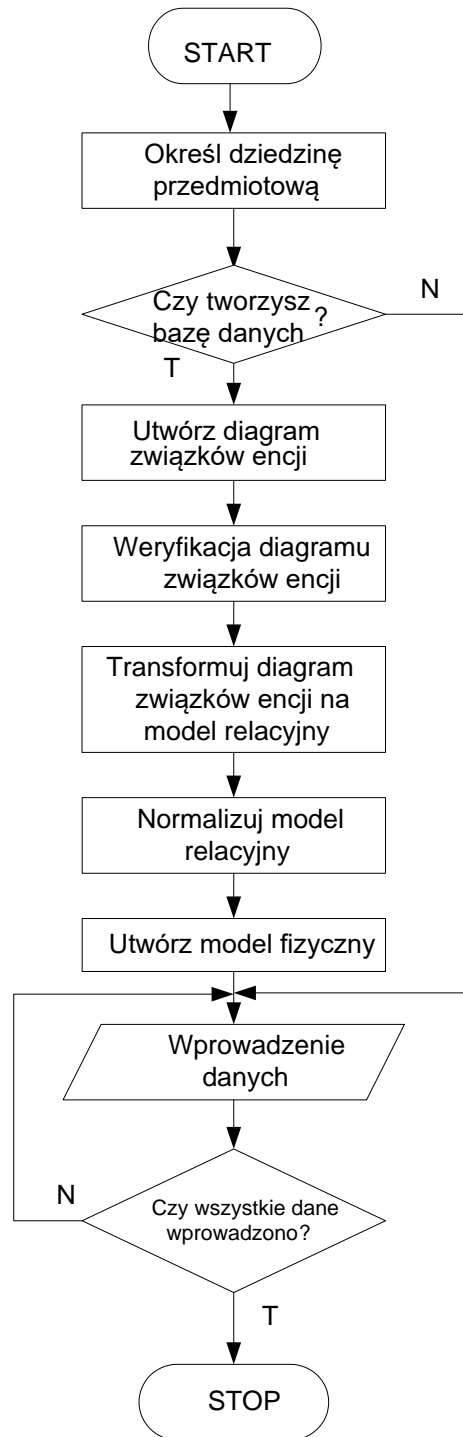
Rysunek. 1 Trójpoziomowa architektura bazy danych

Baza danych w przedsiębiorstwie może zostać opracowana zgodnie z algorytmem z rys. 2. Algorytm składa się z następujących kroków:

- 1) Określ dziedzinę przedmiotową.
- 2) Określ, czy tworzysz bazę danych, czy wprowadzasz dane do utworzonej bazy danych.
- 3) W przypadku tworzenia bazy danych:
  - Utwórz diagram związków encji,
  - Weryfikuj diagram związków encji,
  - Transformuj diagram związków encji na model relacyjny,
  - Normalizuj model relacyjny,
  - Utwórz model fizyczny,
  - Wprowadź dane,
  - Sprawdź, czy wszystkie dane zostały wprowadzone? Jeśli NIE to wprowadzaj dalej dane. Jeśli TAK to STOP.
- 4) W przypadku wprowadzania danych do utworzonej bazy danych:
  - Wprowadź dane,
  - Sprawdź, czy wszystkie dane zostały wprowadzone? Jeśli NIE to wprowadzaj dalej dane. Jeśli TAK to STOP.

Bardzo ważnym etapem po utworzeniu modelu fizycznego, kiedy baza danych już pracuje jest strojenie bazy danych. Strojenie bazy danych obejmuje dwa aspekty:

- optymalizację wykorzystania procesora, pamięci i przestrzeni dyskowej przez operacje na bazie danych,
- optymalizację wykonywania zapytań.



Rysunek. 2 Algorytm tworzenia bazy danych [5]

#### 4. Case study – Baza danych przedsiębiorstwa produkcyjnego

Celem współczesnego przedsiębiorstwa jest produkcja wyrobów bardzo dobrej jakości w krótkim

czasie przy niskich kosztach. Przedsiębiorstwa produkcyjne są zmuszone do poszukiwania nowych dróg zwiększania wydajności produkcji i obniżania jej kosztów. Można to osiągnąć przez wprowadzanie coraz to krótszych cykli rozwoju produktów i procesów ich produkcji, przez minimalizację stanów zapasów i sprawną logistykę oraz dzięki stosowaniu efektywnych i innowacyjnych koncepcji realizacyjnych w produkcji, w rodzaju: LP (Lean Production) – produkcja racjonalna, JIT (Just in Time)- sterowanie zaopatrzeniem zgodnie z zasadą dokładnie na czas, czy TQM (Total Quality Management) – kompleksowe zarządzanie jakością. Metody te pozwalają na efektywne gospodarowanie środkami produkcji (a także finansami), poprzez doskonałą organizację pracy oraz wykorzystanie kompetencji kadry i zastosowanie nowoczesnych narzędzi w pracy inżyniera i menedżera. Dzięki temu następuje integracja zadań i funkcji w dwóch obszarach przedsiębiorstwa, tj. w zarządzaniu i w realizacji produkcji.

Można wymienić cztery podstawowe cechy współczesnej produkcji [5]:

- duża różnorodność wyrobów - rynek współczesny jest rynkiem klienta a nie jak dawniej rynkiem producenta. Klient nie jest już usatysfakcjonowany produkcją masową, która nie daje mu swobodnego wyboru zakupu. Obecnie wyrób musi być kompletny, lecz w różnych wariantach. Musi on być oferowany możliwie kompletny, lecz jednocześnie zgodnie z upodobaniami klienta. Ten sposób podejścia do wyrobu można nazwać personalizacją wyrobu. Największy wzrost wariantowości zauważyć można w przemyśle samochodowym i komputerowym. Różnorodność produkowanych wyrobów zwiększa i komplikuje zadania przedsiębiorstwa szczególnie w odniesieniu do procesu planowania i zarządzania produkcją.
- skrócenie cyklu życia wyrobu - cykl życia wyrobu składa się z różnych faz. Najprościej można go podzielić na trzy fazy: fazę projektowania, fazę wytwarzania i fazę użytkowania, która jest końcową fazą życia wyrobu. W tradycyjnym podejściu do produkcji, faza projektowania trwa bardzo długo, co nie pozwala na szybką reakcję producenta na potrzeby rynku. Faza projektowania wpływa bezpośrednio na fazę wytwarzania. Wszelkie zmiany w fazie wytwarzania wpływają na zmiany w fazie projektowania i odwrotnie. W starych strukturach produkcyjnych wszystkie czynności procesu projektowania i wytwarzania przebiegają sekwencyjnie tzn. jedna po drugiej (po zakończeniu czynności poprzedniej wykonywana jest dopiero czynność następną). Tradycyjnie prowadzony proces rozwoju produktu przedłuża znacznie czas produkcji i

nie pozwala w krótkim czasie wejść z wyrobem na rynek. Faza końcowa to czas istnienia wyrobu na rynku oraz okres użytkowania przez klienta. Ponieważ ciągle pojawiają się na rynku nowe wyroby (na skutek konkurencji) faza ta ulega ciągle skróceniu. Wydłużenie czasu produkcji wyrobu prowadzi, zatem najczęściej do utraty rynku przez producenta. Jedynym rozwiązaniem tego problemu może być skrócenie czasu fazy projektowania i fazy wytwarzania.

- malejące koszty produkcji - koszty produkcji tradycyjnie można podzielić na koszty materiału, koszty robocizny i koszty pośrednie. Poprzednio koszty robocizny były podstawą kosztów produkcji. Obecnie koszty robocizny stanowią jedynie małą część ogólnych kosztów produkcji. Koszty robocizny zmniejszyły się głównie ze względu na wprowadzenie automatyzacji.
- krótkie czasy dostawy wyrobu na rynek - Skrócenie czasu dostawy rozpatrywane musi być w dwóch aspektach: skrócenie dostawy wyrobu finalnego na rynek oraz skrócenie dostawy wyrobów wchodzących w skład wyrobu finalnego (elementów, zespołów). Pierwszy aspekt dotyczy szybkiego dostarczania wyrobu na rynek ze względu na konkurencję. Drugi aspekt to sprawa dostarczenia wyrobów i półwyrobów przez kooperantów i producentów w możliwie najkrótszym czasie. U podstaw tej zasady leży unikanie kosztów składowania wyrobów i półwyrobów w magazynach u producenta wyrobu finalnego. Znana jest metoda JIT (Just in Time) polegająca na produkcji wyrobów w żądanej liczbie, o żądanej jakości, w żądanym czasie, sprowadzająca się do dostarczenia wyrobu np. bezpośrednio na linię montażową w określonym czasie z pominięciem magazynowania.

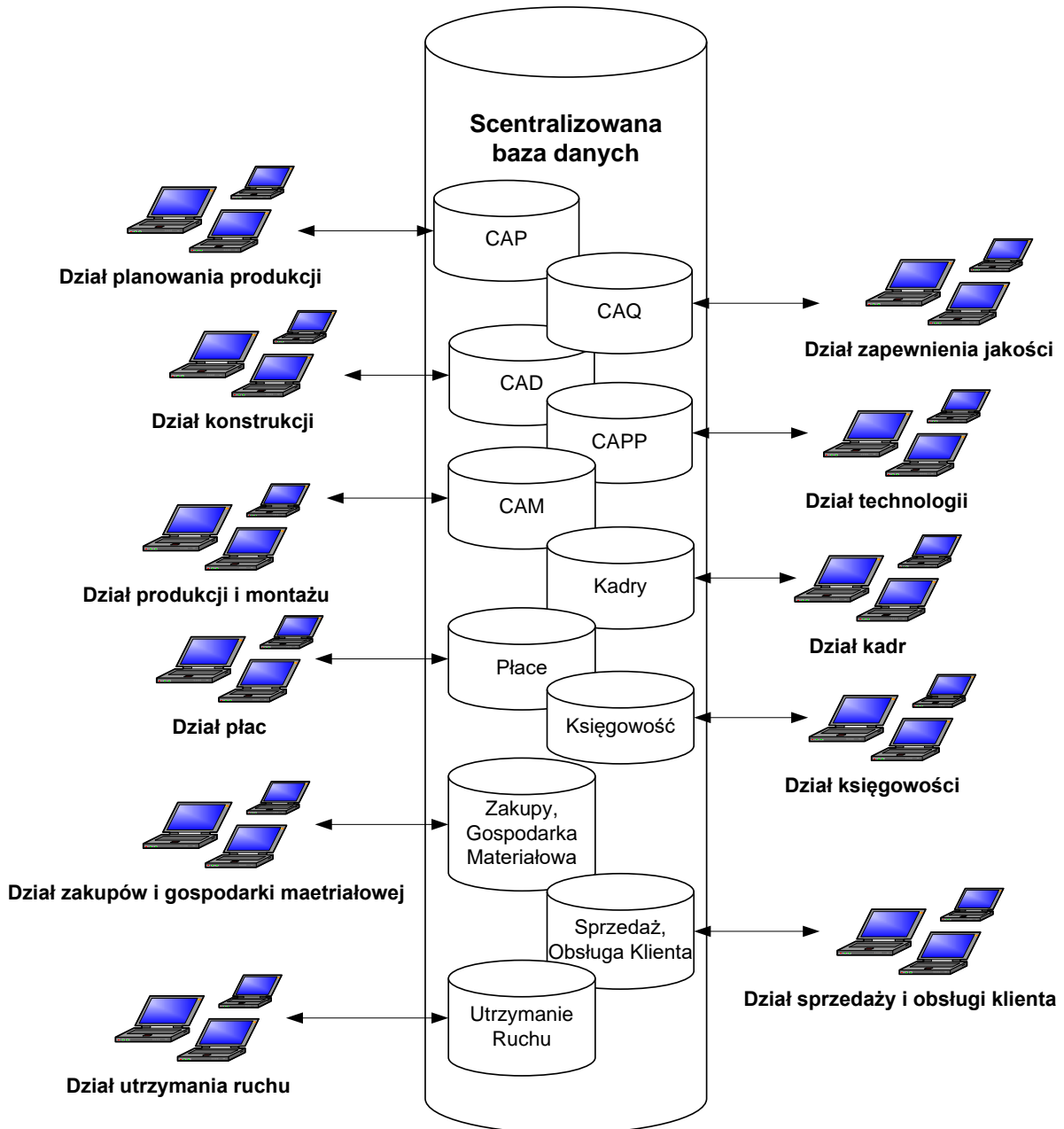
Przedstawione wyżej trendy w nowoczesnej produkcji wymagają nowoczesnych narzędzi wspomagających procesy przedsiębiorstwa. Do takich narzędzi należy niewątpliwie technika komputerowa. Wspomaganie komputerowe wprowadza się we wszystkich działaniach przedsiębiorstwa począwszy od planowania i konstrukcji a skończywszy na wysyłce gotowych wyrobów.

Najczęściej spotykanym podejściem w przedsiębiorstwie produkcyjnym są scentralizowane bazy danych, na których opierają się systemy zarządzania przedsiębiorstwem klasy ERP. System scentralizowanej bazy danych charakteryzuje się tym, że dane są pamiętane na komputerze w pojedynczym węźle. Natomiast jeśli chodzi o dostęp użytkowników to założono, że jest

to baza wieloużytkowa, do której dostęp ma wielu użytkowników jednocześnie.

Baza danych przedsiębiorstwa produkcyjnego dla średniej wielkości została przedstawiona na rysunku 3, zgodnie z opisem takiego przedsiębiorstwa w punkcie 2. Została przedstawiona jako scentralizowana wielofunkcyjna baza danych, która ma wspólne zasoby danych, dostępne określonym użytkownikom. Ci sami

użytkownicy mają też dostęp do własnych zasobów, które są zabezpieczone przed innymi użytkownikami. Tego rodzaju struktura zarządzania danymi jest najbardziej powszechna i praktyczna, gdyż ogólnie dostępne zasoby danych leżą w gestii administratora systemu i są podporządkowane strategicznym celom przedsiębiorstwa.



**Rysunek. 3** Baza danych przedsiębiorstwa produkcyjnego średniej wielkości

CAP - Computer Aided Planning – komputerowo wspomagane planowanie (produkcji), CAQ - Computer Aided Quality Control – komputerowo wspomagane sterowanie jakością, CAD - Computer Aided Design – komputerowo wspomagane projektowanie (konstrukcyjne), CAPP - Computer Aided Process Planning – komputerowo wspomagane planowanie procesów (technologicznych), CAM - Computer Aided Manufacturing – komputerowo wspomagane wytwarzanie

## 5. Podsumowanie

Współczesny świat to świat szybkich zmian, w którym dane i informacje stanowią zasoby warunkujące zdolność do szybkiego reagowania na zmiany rynkowe. Zasoby te stały się źródłem uzyskiwania przewagi konkurencyjnej.

Idea kompleksowej komputerowej integracji przedsiębiorstwa produkcyjnego opartej na bazach danych rozwinęła się w drugiej połowie lat osiemdziesiątych i trwa nieprzerwanie do dnia dzisiejszego. Złożoność organizacyjna przedsiębiorstw funkcjonujących w obecnej sytuacji gospodarczej wymusza konieczność przetwarzania ogromnej liczby danych w celu podjęcia trafnych decyzji. Bazy danych pełnią bardzo ważną i integrującą rolę we wszystkich działaniach w systemach wspomagania decyzji w przedsiębiorstwach produkcyjnych, niezależnie od wielkości.

## Literatura

1. Elmasri S.B., Navathe R. Fundamentals of Database Systems, Sixth Edition, Pearson, 2010.
2. Królikowski Z. E\_materiały\_dydaktyczne Pojęcia podstawowe, model relacyjny, dostęp: 25.05.2018
3. Królikowski Z. Hurtownie danych logiczne i fizyczne struktury danych, Wyd. Politechniki Poznańskiej, Poznań 2007.
4. Rojek I., Zintegrowany system informatyczny IFS Applications, Studium przypadku IFS Produkcja, Wydawnictwo UKW, Bydgoszcz 2007.
5. Rojek I., Miejsce baz danych i baz wiedzy w systemie wspomagania decyzji, Studia Informatica, seria Informatyka, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, vol. 30, no 2B (84), 35-47, 2009.



## **Wybrane praktyczne aspekty wyboru zintegrowanego systemu informatycznego do zarządzania przedsiębiorstwem**

**Mieczysław Jagodziński<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Politechnika Śląska, Wydział Automatyki, Elektroniki i Informatyki, 44-101 Gliwice, ul. Akademicka 16  
email: mieczyslaw.jagodzinski@polsl.pl*

**Streszczenie:** *W artykule przedstawiono wybrane praktyczne aspekty wyboru zintegrowanego systemu informatycznego do zarządzania przedsiębiorstwem. Kwestia opracowania dobrego zapytania ofertowego jest bardzo istotna w procesie przebiegu przetargu, którego efektem ma być zakup zintegrowanego systemu informatycznego do zarządzania przedsiębiorstwem. Celem autora było pokazanie wybranych mechanizmów zachodzących w tym procesie zwracając uwagę na kluczowe czynniki, które są niezbędne do osiągnięcia sukcesu. Autor celowo nie wymieniał żadnych konkretnych zintegrowanych systemów informatycznych ze względu na chęć przedstawienia w sposób obiektywny omawianej problematyki. Przedstawione wybrane aspekty praktyczne wynikają z kilkunastoletniego doświadczenia biznesowego, które autor posiada.*

**Słowa kluczowe:** *zintegrowany system informatyczny, zapytanie ofertowe, procesy biznesowe, referencje*

## **Selected practical aspects of choosing an integrated IT system for enterprise management**

**Abstract:** *The article presents selected practical aspects of choosing an integrated IT system for enterprise management. The issue of developing a good request for proposal is very important in the process of conducting the tender, the effect of which is to be the purchase of an integrated IT system for enterprise management. The author's goal was to show selected mechanisms taking place in this process, paying attention to the key factors that are necessary to achieve success. The author intentionally did not mention any specific integrated IT systems due to the willingness to present the discussed issues in an objective manner. The presented selected practical aspects result from several years of business experience that the author has.*

**Key words:** *integrated IT system, inquiry, business processes, references*

### **1. Wprowadzenie**

Zintegrowane systemy informatyczne umożliwiają zarządzanie wszystkimi zasobami przedsiębiorstwa. Systemy te nazywamy systemami informatycznymi klasy ERP (Enterprise Resource Planning). Historia powstania tych systemów sięga już okresu czasu kilkudziesięciu lat. Systemy te są dedykowane dla różnych firm produkcyjnych w zależności od ich indywidualnych potrzeb. Bardzo często używa się wielu skrótów funkcjonalności, które mają pokazać przydatność tego oprogramowania dla klienta (przedsiębiorstwo produkcyjne). Tak naprawdę od strony praktycznej jest najważniejsze, by przedsiębiorstwo produkcyjne mogło wyszukać samodzielnie lub z pomocą zewnętrznej firmy taki zintegrowany system informatyczny, który spełni jego oczekiwania. Każde przedsiębiorstwo, jest już

użytkownikiem jednego lub wielu systemów, które mogą oddzielnie pracować by realizować ich potrzeby zarządcze. Potrzeba zarządzania przedsiębiorstwem poprzez jeden zintegrowany system informatyczny jest bardzo silnym bodźcem powodującym rozpoczęcie procesu przetargu na wybór oraz zakup nowego zintegrowanego systemu informatycznego. W dalszej części artykułu autor przedstawi wybrane aspekty obrazujące rangę tego problemu.

Bardzo często dostawcy zintegrowanych systemów informatycznych chcą pokazać potencjalną atrakcyjność swojej oferty przygotowują dla klienta analizę ROI (ang. return of investment), zwrot z inwestycji poniesionej na zakup zintegrowanego systemu informatycznego do zarządzania przedsiębiorstwem. Najprostszym rozwiązaniem jest wyliczenie czasu potrzebnego na zwrot

z inwestycji. Im dłuższy jest ten czas, tym potencjalna inwestycja staje się mniej opłacalna. Najlepiej byłoby na początku zainwestować w zakup standardowych modułów zintegrowanego systemu informatycznego, poznać ich możliwości a dopiero potem zastanowić się na potencjalnej rozbudowie funkcjonalności oferowanych przez dostawcę tego zintegrowanego systemu informatycznego. W tym momencie warto byłoby zadać pytanie jaki jest najlepszy wskaźnik ROI? Oczywiście jest to wskaźnik orientacyjny, z praktyki mogą powiedzieć, że inwestycja na zakup zintegrowanego systemu informatycznego powinna zwrócić się w okresie 3 lat.

Przy przygotowaniu całego procesu przetargu na wybór i zakup zintegrowanego systemu informatycznego należy przede wszystkim pamiętać, że zakupiony zintegrowany system informatyczny do zarządzania przedsiębiorstwem trzeba skutecznie wdrożyć.

## 2. Wybrane funkcje zintegrowanych systemów informatycznych

Zintegrowane systemy informatyczne posiadają następujące funkcje:

- otwartość, funkcja ta umożliwia integrację zintegrowanego systemu informatycznego z dowolnym innym systemem informatycznym pod warunkiem, że zostanie przygotowany odpowiedni interfejs programowy do wymiany informacji pomiędzy nimi,
- spójność, funkcja ta zapewni, że dane wprowadzane w różnych modułach zintegrowanego systemu informatycznego są tylko raz wpisywane i nie ma możliwości ich dublowania co było częstym problemem w przypadku, kiedy przedsiębiorstwo nie posiadało zintegrowanego systemu informatycznego,
- wielofirmowość, funkcja ta umożliwia obsługę wielu firm, które można zdefiniować w środowisku zintegrowanego systemu informatycznego,
- wielowalutowość, funkcja ta umożliwia definicję wielu walut niezbędnych do realizacji procesów biznesowych zachodzących w przedsiębiorstwie produkcyjnym,
- wielojęzyczność, funkcja ta umożliwia, że zintegrowany system informatyczny jest wykorzystywany w dowolnym kraju po warunkiem posiadania przygotowanych danych słownikowych w danym języku. W przypadku, kiedy ten sam zintegrowany system informatyczny obsługuje przedsiębiorstwo oraz jego oddziały, które są umieszczone w różnych lokalizacjach pod względem geograficznym i językom warto nadmienić, że istnieją moduły, których funkcjonalności są dostosowywane do przepisów prawa obowiązującego w danym

kraju. Takimi modułami są kadry i płace oraz finanse. Liczba obsługiwanych słowników językowych jest zależna od rozpowszechnienia tego systemu na świecie,

- wykorzystują jedną zintegrowaną produkcyjną bazę danych w ,której są gromadzone i przetwarzane wszystkie dane dotyczące procesów biznesowych zachodzących w danym przedsiębiorstwie a obsługiwanych przez zintegrowany system informatyczny. Przeważnie jest to baza Oracle lub inna baza w zależności od producenta zintegrowanego systemu informatycznego. Oczywiście są jeszcze inne bazy takie jak testowe, które są potrzebne do prowadzenia testów modyfikacji przed wprowadzeniem ich docelowo do bazy produkcyjnej,
- realizacja wszystkich procesów biznesowych zaimplementowanych w zintegrowanym systemie informatycznym. Bardzo często takie systemy posiadają elearning umożliwiający przegląd w sposób graficzny i opisowy procesów biznesowych. Często jest też możliwość by z poziomu wybranego procesu biznesowego bezpośrednio przejść do formatki ekranowej w zintegrowanym systemie informatycznym realizującym ten proces biznesowy,
- posiadanie narzędzi do wielopoziomowego raportowania i analizy danych,
- zintegrowany system zarządzania realizuje funkcję zarządzania wszystkimi zasobami przedsiębiorstwa on-line.

## 3. Potrzeby informacyjne przedsiębiorstwa

Każde przedsiębiorstwo wykorzystuje systemy informatyczne do zarządzania przedsiębiorstwem. Idealnym przypadkiem byłoby gdyby przedsiębiorstwo posiadało tylko jeden zintegrowany system informatyczny, który by zarządzał wszystkimi zasobami tego przedsiębiorstwa. Często jednak zdarza się tak, że przedsiębiorstwo posiada różne systemy, które ze sobą współpracują lub nie. W tym przypadku występuje problem, że te same dane muszą być wprowadzane w każdym systemie osobno. Ważnym aspektem jest fakt, że świadome przedsiębiorstwo, które dynamicznie się rozwija dochodzi do wniosku by wybrać nowy zintegrowany system informatyczny, który by zaspokoił ich aktualne potrzeby oraz potencjalne potrzeby w przyszłości. Decyzja by zmienić system informatyczny w przedsiębiorstwie jest bardzo poważnym źródłem zmiany, która ma niebawem nastąpić. Należy tutaj wspomnieć o czynniku ludzkim, który jest bardzo istotny ponieważ żadne nawet doskonałe narzędzie informatyczne nie zostanie wybrane a następnie wdrożone bez udziału osób decyzyjnych oraz osób im podległych. Można wyróżnić dwa przypadki:

potrzeba zmiany wpływa oddolnie często od służb informatycznych, które nie są w stanie sprostać wymaganiom im stawianym przez zarządzających przedsiębiorstwem produkcyjnym. Służby informatyczne mogą funkcjonować w strukturach organizacyjnych przedsiębiorstwa jak również mogą to być zewnętrzne firmy realizujące usługi informatyczne. Drugi przypadek wynika z potrzeb decyzyjnych decydentów lub ich preferencji zależnych od ich wcześniejszego doświadczenia lub decyzji właściciela. Znaczenie służb informatycznych jest ogromne. Odpowiedzialne są one za cały proces związany z administracją oraz infrastrukturą techniczną potrzebną do funkcjonowania zintegrowanego systemu informatycznego. Administrator zintegrowanego systemu informatycznego jest odpowiedzialny za stworzenie wszystkich użytkowników oraz przypisaniu im określonych ról. Często administrator odpowiedzialny jest za cyberbezpieczeństwo.

#### **4. Procesy biznesowe**

Celem każdego dostawcy zintegrowanego systemu informatycznego jest poznanie procesów biznesowych zachodzących w przedsiębiorstwie, które jest na etapie wyboru zintegrowanego systemu informatycznego. Procesy biznesowe realizowane w przedsiębiorstwie najlepiej znają ludzie, którzy je realizują. Oni znają wszystkie szczegóły ich realizacji oraz mają wiedzę jak udoskonalić te procesy biznesowe. Z kolei każdy dostawca zintegrowanego systemu informatycznego świetnie zna swoje narzędzie informatyczne, które jest przedmiotem jego oferty. W tym momencie spotykają się ludzie pochodzący od dostawcy zintegrowanego systemu informatycznego oraz z przedsiębiorstwa, które jest na etapie wyboru zintegrowanego systemu informatycznego. Cały problem polega na tym by wiedza o procesach biznesowych pochodząca od kluczowych właścicieli procesów zachodzących w przedsiębiorstwie została skutecznie pozyskana przez dostawcę zintegrowanego systemu informatycznego. Na etapie wyboru zintegrowanego systemu informatycznego, każde przedsiębiorstwo przygotowuje zapytanie ofertowe. Zapytanie ofertowe zależy od przedsiębiorstwa oraz formy organizacji przetargu na wybór tego systemu. Bardzo ważnym elementem przygotowywanej oferty jest poznanie potrzeb przedsiębiorstwa w zakresie realizacji procesów biznesowych. Procesy biznesowe realizowane w przedsiębiorstwie muszą posiadać swojego właściciela tzn. w przyszłości jak zostanie już wybrany zintegrowany system informatyczny osoba ta będzie odpowiedzialna po stronie przedsiębiorstwa za skuteczne wdrożenie procesów biznesowych, za które jest

odpowiedzialna. Bardzo ważne jest mapowanie procesów biznesowych polegające na tym, że wszystkie procesy biznesowe są opisane w formie graficznej pokazującej przebieg każdego procesu. Celem procesu mapowania procesów biznesowych jest wybór kluczowych właścicieli tych procesów, którzy posiadają największą wiedzę merytoryczną. Innym rozwiązaniem jest by przedsiębiorstwo będące na etapie wyboru zintegrowanego systemu informatycznego zaprosiło do współpracy specjalistyczną firmę konsultingową, która pomoże w przygotowaniu profesjonalnego mapowania tych procesów oraz obsłuży cały proces wyboru zintegrowanego systemu informatycznego. Zaproszenie do współpracy specjalistycznej firmy konsultingowej do obsługi całego procesu przetargu na wybór oraz zakup zintegrowanego systemu informatycznego często również nadzór nad wdrożeniem tego systemu może być kosztownym rozwiązaniem. Doświadczenie tej firmy może pomóc w ograniczeniu potencjalnego ryzyka porażki. Bardzo ważnym aspektem jest fakt, że każda firma powinna myśleć długofalowo mówiąc konkretnie powinna mieć wizję w dłuższym horyzoncie czasu swojego biznesu a wraz z tym świadomość, że wymagania będą rosły. Częstym błędem jest patrzeć tylko na potrzeby wynikające z chwili obecnej co często jest powodem, że potencjalny wybrany system informatyczny w horyzoncie krótkiego okresu czasu nie będzie spełniał oczekiwań przedsiębiorstwa.

#### **5. Referencje dostawców zintegrowanych systemów informatycznych**

Bardzo ważną kwestią procesu wyboru zintegrowanego systemu informatycznego są referencje dostawców zintegrowanego systemu informatycznego. Referencja polega na tym, że przedsiębiorstwo może spotkać się z innym przedsiębiorstwem, które już zarządza swoim przedsiębiorstwem wykorzystując zintegrowany system informatyczny, który pochodzi od dostawcy biorącego udział w przetargu. W czasie takiej wizyty bardzo często dochodzi do szczerych rozmów, które mogą przechylić szalę potencjalnych decyzji w różne strony. Dobrze byłoby gdyby takich referencji było kilka, ponieważ w takim przypadku maleje ryzyko podjęcia złej decyzji. Żaden dostawca zintegrowanego systemu informatycznego nie ma praktycznej możliwości wpłynięcia by referencyjne przedsiębiorstwo pokazywało ich system w samych superlatywach. Referencja powinna być tak dobrana by pokazywała podobne procesy biznesowe, które są realizowane w przedsiębiorstwie, które chce wybrać zintegrowany system informatyczny. Na taką wizytę referencyjną należy delegować kluczowe osoby decyzyjne by mogły zadać szereg pytań, które pomogą im w wygenerowaniu ostatecznej decyzji.

Czasami bywa tak, że niektóre przedsiębiorstwa po ogłoszeniu przetargu na wybór zintegrowanego systemu informatycznego zdobywają konkretną wiedzę, której nie posiadało wcześniej. Wtedy przetarg zostaje anulowany, a następnie jest ogłaszany kolejny przetarg uwzględniający zdobytą już wiedzę podczas poprzedniego przetargu. Proces wyboru zintegrowanego systemu informatycznego jest z reguły procesem, który trwa od kilku do kilkunastu miesięcy a nawet kilku lat.

## 6. Szczegółowa lista zapytań

Kluczowym elementem zapytania ofertowego jest umiejętne sformułowanie szczegółowych pytań zaadresowanych do dostawców zintegrowanego systemu informatycznego dotyczących funkcjonalności oferowanego przez nich zintegrowanych systemów informatycznych. Zapytania powinny dotyczyć szczegółów dotyczących obecnych procesów biznesowych jak również przyszłych. Pytania te powinny być pogrupowane obszarowo. Np. pytania dotyczące produkcji i dystrybucji, finansów. Pytania powinny być zadane jednoznacznie aby odpowiedź miała tylko dwie możliwości: tak lub nie. Dobrze byłoby umieścić przy kluczowych pytaniach o funkcjonalność prośbę o zrzut ekranowy z konkretnej formatki ekranowej zintegrowanego systemu informatycznego dokumentującą realizację tej funkcjonalności. Należy pamiętać, że przygotowany szczegółowy zakres pytań musi obejmować wszystkie procesy biznesowe przedsiębiorstwa, które mają być obsługiwane przez zintegrowany system informatyczny. Lista szczegółowych zapytań musi również posiadać pytania o możliwość i warunki współpracy z innymi systemami jak jest taka potrzeba. Należy zadawać wszystkie pytania, na które otrzymane odpowiedzi pozwolą na pozyskanie potencjalnej wiedzy czy oferowany przez dostawcę zintegrowany system informatyczny może spełnić oczekiwania klienta.

## 7. Serwis zintegrowanego systemu informatycznego.

Każdy zintegrowany system informatyczny powinien być objęty serwisem, który zapewni przedsiębiorstwu produkcyjnemu stabilną pracę. Dostawcy zintegrowanych systemów informatycznych mają różne oferty serwisowe. W ramach tych ofert serwisowych są opisane szczegółowo usługi serwisowe oraz deklarowane czasy reakcji na zdefiniowane zdarzenia serwisowe. Ceny pakietów usług serwisowych mogą sięgać nawet ponad 20% wartości zakupionych licencji zintegrowanego systemu informatycznego przez przedsiębiorstwo produkcyjne. Dostawcy

zintegrowanych systemów informatycznych oferują usługi serwisowe w następujących modelach:

- zakup licencji dla ustalonej liczby użytkowników zintegrowanego systemu informatycznego u producenta. W tym przypadku serwis może świadczyć wybrany partner biznesowy producenta zintegrowanego systemu informatycznego,
- zakup licencji oraz serwis u tego samego dostawcy zintegrowanego systemu informatycznego. Jest to dobry wariant ponieważ jeden dostawca zintegrowanego systemu informatycznego jest odpowiedzialny za proces wdrożenia jak również za serwis.

Potencjalna rezygnacja z zakupu usług serwisowych przez przedsiębiorstwo produkcyjne może być powodem porażki całego projektu wdrożeniowego.

## 8. Kryteria oceny ofert na zakup zintegrowanego systemu informatycznego

Kwestia doboru kryterium oceny otrzymanych ofert od różnych dostawców zintegrowanych systemów informatycznych do zarządzania przedsiębiorstwem jest bardzo ważna. Każdy klient doбира własne kryteria, które uważa za zasadne. W przypadku kiedy klient jest wspomagany przez firmę konsultingową to ta firma przejmuje kwestię formalną we współpracy ze swoim zleceniodawcą, którym jest klient. Najlepszym kryterium byłoby wybranie takiego zintegrowanego systemu informatycznego, który spełniał wszystkie oczekiwania klienta oraz realizował wszystkie założone procesy biznesowe a zarazem byłby najtańszy. Często trzeba wybrać pewien kompromis pomiędzy oczekiwaniami klienta a możliwościami dostawcy zintegrowanego systemu informatycznego. W tym momencie warto nadmienić, że zakup zintegrowanego systemu informatycznego do zarządzania przedsiębiorstwem nie jest jedynym kosztem, które musi ponieść przedsiębiorstwo. Koszty, które muszą być poniesione to są koszty wdrożenia, koszty infrastruktury technicznej oraz potencjalne koszty modyfikacji oraz dodatkowe koszty, które mogą wynikać na każdym etapie wdrożenia. Modyfikacja jest pracą programistyczną, którą muszą wykonać: konsultant, który przygotowuje specyfikację w uzgodnieniu z osobą upoważnioną od klienta i programisty, której efektem jest kod programowy dołączany jako nowa funkcjonalność lub upgrade funkcjonalności już istniejącej w zintegrowanym systemie informatycznym realizujący określony proces biznesowy.

Na tym etapie przygotowania oferty trudno dostawcy zintegrowanego systemu informatycznego oszacować koszty potencjalnych modyfikacji ponieważ nie ma jeszcze analizy przedwdrożeniowej. Wszystkie koszty są wyceniane szacunkowo. Kwestia modyfikacji jest bardzo ważna

ponieważ można w uzgodnieniu z dostawcą wykorzystać jego wieloletnie doświadczenie związane z typowymi procesami biznesowymi, co poniekąd prowadzi do mniejszych kosztów modyfikacji niż przystosowania zintegrowanego systemu informatycznego do wszystkich procesów biznesowych będących wykorzystywanych w przedsiębiorstwie 1:1.

### **9. Metodologia wdrożenia zintegrowanego systemu informatycznego**

Każdy dostawca zintegrowanego systemu informatycznego powinien w ofercie przygotowanej na złożone zapytanie ofertowe przez przedsiębiorstwo przedstawić metodologię wdrożenia oferowanego zintegrowanego systemu informatycznego. Metodologia wdrożenia jest opisem postępowania jak skutecznie wdrożyć zintegrowany system informatyczny w skończonym czasie by osiągnąć założone cele biznesowe. Opis metodologii wdrożenia na etapie złożenia oferty jest bardzo ważny. Należy pamiętać, że proces wyboru, zakupu a w efekcie końcowym wdrożenia zintegrowanego systemu informatycznego jest bardzo trudnym projektem. Każdy tego typu projekt z założenia jest bardzo trudny angażujący bardzo wiele zasobów ludzkich ze strony przedsiębiorstwa jak również potencjalnych dostawców zintegrowanych systemów informatycznych. Bardzo często przedsiębiorstwa, chcą by potencjalny dostawca zintegrowanego systemu informatycznego przygotował prezentacje merytoryczne pokazujące jak ofertowany zintegrowany system informatyczny spełni ich oczekiwania odnośnie realizacji kluczowych oraz szczegółowych procesów biznesowych. Na tym etapie dostawca musi przedstawić prezentacje odnośnie posiadanej metodologii wdrożenia. Często od dostawców zintegrowanych systemów informatycznych wymaga się przygotowania krótkich warsztatów będących gwarancją, że oferowany zintegrowany system informatyczny spełnia oczekiwania przedsiębiorstwa zapytania ofertowego poprzez przygotowaną ofertę jak również Klient może zobaczyć jak działa ten system podczas warsztatów na danych, które on uprzednio przygotowuje.

### **10. Podsumowanie**

Przedstawione przez autora wybrane aspekty praktyczne wyboru zintegrowanego systemu informatycznego do zarządzania przedsiębiorstwem jego zdaniem są ważne do właściwego przygotowania zapytania na wybór oraz zakup zintegrowanego systemu informatycznego do zarządzania przedsiębiorstwem. Ten proces tak

naprawdę dopiero się zaczyna. Wybór i zakup zintegrowanego systemu informatycznego jest dopiero początkiem całego procesu zmiany zachodzącym w przedsiębiorstwie. Kolejnym etapem jest skuteczne wdrożenie już wybranego zintegrowanego systemu informatycznego. Tak naprawdę nie ma 100% gwarancji na sukces w projekcie wyboru, zakupu a przede wszystkim wdrożenia zintegrowanego systemu informatycznego. Kluczowym czynnikiem jest czynnik ludzki. Ten czynnik jest bardzo często odpowiedzialny za porażki tych projektów. W kolejnym artykule autor przedstawi wybrane praktyczne aspekty wdrożenia zintegrowanego systemu informatycznego.

### **Literatura**

1. Scheer A.-W.: CIM (Computer Integrated Manufacturing) – Towards the Factory of the Future. Springer-Verlag, 1994.
2. Scheer A.-W.: Business Process Engineering. Reference Models for Industrial Enterprises. Springer-Verlag, 1994.
3. Landvater D., Gray C.: MRPII Standard System. Oliver Wight Publications, Inc., 1983, pp. 3.
4. Orlicky J.: Planowanie Potrzeb Materiałowych Państwowe Wydawnictwa Ekonomiczne, 1981, pp. 405-408
5. Banaszak Z: Gattner D., Mazur-Łukomska K., Muszyński W.: Zarządzanie operacjami, Wydawnictwo Politechniki Zielonogórskiej, Zielona Góra, 1997.
6. Durlik I.: Inżynieria zarządzania strategią i projektowanie systemów produkcyjnych w gospodarce rynkowej. WN, Katowice 1993.

## Wybrane praktyczne aspekty wdrożenia zintegrowanego systemu informatycznego do zarządzania przedsiębiorstwem

Mieczysław Jagodziński<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Politechnika Śląska, Wydział Automatyki, Elektroniki i Informatyki, 44-101 Gliwice, ul. Akademicka 16  
email: mieczyslaw.jagodzinski@polsl.pl

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono wybrane praktyczne aspekty wdrożenia zintegrowanego systemu informatycznego do zarządzania przedsiębiorstwem. Wdrożenie zintegrowanego systemu informatycznego jest bardzo trudnym i złożonym projektem informatycznym obciążonym dużym ryzykiem niepowodzenia. Celem tego artykułu jest pokazanie praktycznych aspektów mogących zminimalizować potencjalne ryzyko występujące w tego typu projektach. Ważnym aspektem jest czynnik ludzki, który jest nieprzewidywalny i bardzo złożony. Autor celowo nie wymieniał żadnych konkretnych zintegrowanych systemów informatycznych ze względu na chęć przedstawienia w sposób obiektywny omawianej problematyki. Przedstawione wybrane aspekty praktyczne wynikają z kilkunastoletniego doświadczenia biznesowego, które autor posiada.

**Słowa kluczowe:** zintegrowany system informatyczny, wdrożenie, projekt, procesy biznesowe, lean manufacturing

## Selected practical aspects of implementing an integrated IT system for enterprise management

**Abstract:** The article presents selected practical aspects of implementing an integrated IT system for enterprise management. The implementation of an integrated IT system is a very difficult and complex IT project with a high risk of failure. The purpose of this article is to show the practical aspects that can minimize the potential risk in this type of project. An important aspect is the human factor, which is unpredictable and very complex. The aspects of lean manufacturing that have a significant impact on the management of a manufacturing enterprise by an integrated information system will be discussed. The author intentionally did not mention any specific integrated IT systems due to the willingness to present the discussed issues in an objective manner. The presented selected practical aspects result from several years of business experience that the author has.

**Keywords:** integrated IT system, implementation, design, business processes, lean manufacturing

### 1. Wprowadzenie

Zintegrowane systemy informatyczne klasy ERP (Enterprise Resource Planning) czyli systemy do zarządzania wszystkimi zasobami przedsiębiorstwa są obecne na rynku informatycznym od kilkudziesięciu lat. Ich funkcjonalność jest stale udoskonalana. Elastyczność zintegrowanych systemów informatycznych umożliwia im nadążanie za aktualnymi trendami potrzeb biznesowych przedsiębiorstw produkcyjnych. Należy nadmienić w tym momencie, że idealny zintegrowany system informatyczny byłby taki, który po wyborze i jego zakupie przez klienta (przedsiębiorstwo produkcyjne) zostałby skutecznie i tanio wdrożony obsługując wszystkie procesy biznesowe

zachodzące w przedsiębiorstwie. Podczas wdrożeń zintegrowanych systemów informatycznych można wyróżnić dwa trendy:

- przedsiębiorstwo dostosowuje wszystkie swoje procesy biznesowe do procesów biznesowych zaimplementowanych i realizowanych w zintegrowanym systemie informatycznym. W rozwiązaniu tym klient korzysta z wieloletniego doświadczenia biznesowego dostawcy zintegrowanego systemu informatycznego, który posiada wdrożenia w przedsiębiorstwach produkcyjnych o podobnym profilu funkcjonowania. Bardzo często jest to możliwe w przypadku, kiedy klient posiada swoje przedsiębiorstwo w różnych lokalizacjach i po prostu przenosi się wdrożenie tego systemu z jednego kraju

do drugiego pamiętając o wymogach prawnych w danym kraju. W takim przypadku liczba potencjalnych modyfikacji może być niewielka.

- wszystkie procesy biznesowe przedsiębiorstwa produkcyjnego mają być obsługiwane przez zakupiony zintegrowany system informatyczny. W takim przypadku będą potrzebne modyfikacje wykonane w funkcjonalnościach zintegrowanego systemu informatycznego by spełnić oczekiwania klienta.

## 2. Analiza przedwdrozeniowa

Celem analizy przedwdrozeniowej jest przygotowanie dokumentu, który będzie propozycją rozwiązania biznesowego przez dostawcę zintegrowanego systemu informatycznego. Kluczowym elementem tego dokumentu jest mapowanie procesów biznesowych przez dostawcę zintegrowanego systemu informatycznego. Eksperti od dostawcy zintegrowanego systemu informatycznego analizują procesy biznesowe u klienta dokumentując je graficznie z licznymi komentarzami. Analizuje się wszystkie procesy biznesowe, które mają być zarządzane przez zintegrowany system informatyczny. Można zaproponować pewne modyfikacje procesów biznesowych, pokazując wąskie gardła i szukać innego rozwiązania upraszczając realizację tych procesów biznesowych. Podczas przygotowania tego dokumentu, dostawca zintegrowanego systemu informatycznego przeprowadza prezentację, każdego etapu analizy przedwdrozeniowej. Tak przygotowany dokument musi być przedstawiony klientowi. Akceptacja klienta jest warunkiem koniecznym do rozpoczęcia wdrożenia zintegrowanego systemu informatycznego. Brak akceptacji tego dokumentu uniemożliwia podjęcia dalszych prac, jest to powód do zakończenia współpracy z dostawcą zintegrowanego systemu informatycznego. W takim przypadku istnieje możliwość rozpisania kolejnego procesu przetargu na wybór zintegrowanego systemu informatycznego.

## 3. Przygotowanie danych wejściowych do nowego zintegrowanego systemu informatycznego

Zintegrowany system informatyczny jest to system informacyjny oparty na zintegrowanej bazie danych. Rodzaj tej bazy danych zależy od dostawcy zintegrowanego systemu informatycznego. Każde przedsiębiorstwo produkcyjne posiada już dane operacyjne, które są wykorzystywane do zarządzania przedsiębiorstwem. Na pewnym etapie prowadzenia projektu wdrożeniowego zakłada się pracę równoległą polegającą na tym, że wybrane procesy biznesowe są realizowane poprzez

poprzedni system informatyczny i równocześnie w nowym zintegrowanym systemie informatycznym. Decyzja przejścia wyłącznie na nowy zintegrowany system informatyczny wymaga migracji wszystkich danych niezbędnych do pracy nowego zintegrowanego systemu informatycznego. Z reguły wymaga się by funkcjonalności finansowe mogły funkcjonować od nowego okresu rozliczeniowego przedsiębiorstwa produkcyjnego. Bardzo istotne jest sprawdzanie poprawności generowania list płac w ustalonym okresie czasu, które są kluczowe do zarządzania przedsiębiorstwem. Każdy zintegrowany system informatyczny posiada funkcjonalności, które muszą być odpowiednio sparametryzowane. Źle dobrane parametry mogą być źródłem błędnej pracy wybranych funkcjonalności zintegrowanego systemu informatycznego.

W przypadku przedsiębiorstwa produkcyjnego, które chce zarządzać procesami produkcyjnymi należy pamiętać, że dane, które wykorzystuje się do procesu planowania i produkcji są często danymi normatywnymi. Np. czas operacji raz zmierzony i wpisany do zintegrowanego systemu informatycznego wynosi x sekund. Czas ten będzie cały czas brany do obliczeń. Gdyby został skrócony czas produkcji i nie zaktualizowany w zintegrowanym systemie informatycznym to do obliczeń byłaby brana wartość poprzednia. Bardzo ważne jest by wszystkie dane normatywne były na bieżąco aktualizowane w zintegrowanym systemie informatycznym a szczególnie w przypadku realizacji funkcjonalności planowania potrzeb materiałowych oraz planowania zdolności produkcyjnych w zintegrowanym systemie informatycznym.

## 4. Wdrożenie zintegrowanego systemu informatycznego w przedsiębiorstwie produkcyjnym

Przedsiębiorstwo produkcyjne, które już wybrało i zakupiło zintegrowany system informatyczny ma przed sobą kolejny bardzo ważny etap czyli doprowadzić do szybkiego a przede wszystkim skutecznego wdrożenia tego zintegrowanego systemu informatycznego w przedsiębiorstwie produkcyjnym. Każde wdrożenie raz rozpoczęte nigdy się nie kończy. Za tym stwierdzeniem przemawia fakt, że świadome przedsiębiorstwo produkcyjne stale się rozwija a tym samym ich potrzeby ciągle rosną. Wdrożenie zintegrowanego systemu informatycznego jest projektem. Każdy tak rozumiany projekt musi posiadać przede wszystkim zdefiniowany budżet, który musi zapewnić finansowanie wszystkich jego etapów realizacji. Projekt musi posiadać zdefiniowane kroki milowe oraz konkretne mierniki na, każdym etapie tego projektu by móc jednoznacznie ocenić aktualny stan

realizacji projektu. W każdym projekcie należy na samym początku powołać zespół wdrożeniowy złożony z zespołu dostawcy zintegrowanego systemu informatycznego oraz zespół ze strony klienta zwanego zamiennie przedsiębiorstwem produkcyjnym. Z zależności od zakresu wdrożenia, który został zdefiniowany podczas złożonej oferty a następnie podpisanej umowy wdrożeniowej z dostawcą zintegrowanego systemu informatycznego może liczyć do kilkunastu osób łącznie z każdej ze stron biorących udział we wdrożeniu. Ze strony dostawcy zintegrowanego systemu informatycznego deleguje się zespół wdrożeniowy o bardzo wysokich kompetencjach biznesowych popartych znajomością konkretnych funkcjonalności zintegrowanego systemu informatycznego. Należy pamiętać by tak dobrać zespół reprezentujący klienta i dostawcę zintegrowanego systemu informatycznego by osoby w nim uczestniczące posiadały ogromną wiedzę biznesową jak również posiadały walory interpersonalne umożliwiające skuteczną komunikację między nimi. Tutaj następuje potencjalna konfrontacja dwóch zespołów, które mają utworzyć jeden wspólny zespół polegający na tym, że zespół klienta świetnie zna swoje procesy biznesowe a nie ma wiedzy o funkcjonalnościach zintegrowanego systemu informatycznego. Z kolei zespół od dostawcy zintegrowanego systemu informatycznego świetnie zna jego funkcjonalności a wiedzę o procesach biznesowych klienta musi we współpracy z nim pozyskać. Te dwa zespoły będą musiały przez długi czas tworzyć jeden zespół, którego celem będzie skuteczne wdrożenie zintegrowanego systemu informatycznego. Tutaj pojawia się czynnik ludzki polegający na tym, że każdy zespół ma wspólny cel aczkolwiek różne priorytety. Osoby będące w zespole wdrożeniowym od strony klienta muszą wykonywać wszystkie bieżące zadania operacyjne. Zlecone zadania wdrożeniowe są dużym obciążeniem często wymagającym od nich pracy poza godzinami ich pracy obarczonej nowymi zakresami odpowiedzialności z tym związanymi. Dobre byłoby gdyby klient wydzielił w ramach budżetu wdrożeniowego budżet z którego mógłby wynagradzać konkretne osoby z jego zespołu za wykonanie zleconych im zadań w ramach projektu wdrożeniowego. Jest to budżet motywacyjny. Uczestnicy zespołu wdrożeniowego od dostawcy zintegrowanego systemu informatycznego, bardzo często uczestniczą w kilku projektach wdrożeniowych realizowanych przez dostawcę zintegrowanego systemu informatycznego. Obciążenie tych konsultantów jest bardzo duże jak również stresujące ponieważ, każda osoba z zespołu ma indywidualną odpowiedzialność zdefiniowaną w każdym projekcie w którym bierze udział. Dostawcy zintegrowanych systemów informatycznych posiadają zespół ekspertów, którzy

mogą być architektami rozwiązania biznesowego dla klienta np. rozwiązania z zakresu finansów, rozwiązania z zakresu produkcji, dystrybucji, remontów oraz innych zdefiniowanych obszarów dziedzinowych. Oprócz architektów rozwiązania biznesowego są konsultanci wiodący oraz konsultanci zadaniowi z konkretnego obszaru funkcjonalnego zintegrowanego systemu informatycznego. Czasami architekt rozwiązania biznesowego może być również konsultantem wiodącym, to wszystko zależy od zdefiniowania ról w konkretnym procesie wdrożeniowym po stronie dostawcy zintegrowanego systemu informatycznego. Praktyka wdrożeniowa pokazuje że wynagrodzenia finansowe zespołu wdrożeniowego klienta mogą być relatywnie niższe niż wynagrodzenia osób zespołu wdrożeniowego dostawcy zintegrowanego systemu informatycznego. Tutaj kolejny raz pojawia się czynnik ludzki pokazujący możliwe kwestie ambicjonalne w ramach zespołu wdrożeniowego. Mają współpracować ze sobą dwa zespoły tworząc jeden zespół wiedząc, że są różnice w ich wynagrodzeniach. Takiego czynnika jest bardzo trudno uniknąć. Rolą dostawcy zintegrowanego systemu informatycznego jest zbudowanie wspólnego zespołu, który będzie umiał się skutecznie komunikować a przede wszystkim dzielić się wiedzą. Wiedza ta jest bardzo pilnie strzeżona przez obydwie zespoły, jedynie wspólne zaufanie do siebie zdobyte podczas szczerych licznych spotkań, rozmów może doprowadzić do skutecznego procesu wdrożenia lub nawet porażki z powodu problemów komunikacyjnych i merytorycznych po obu stronach. W każdym wdrożeniu musi być na samym początku zdefiniowany komitet sterujący, którego nadrzędnym celem będzie podejmowanie kluczowych decyzji dotyczących kolejnych etapów prowadzonego wdrożenia. W komitecie sterującym są osoby decyzyjne od strony klienta oraz osoby decyzyjne od dostawcy zintegrowanego systemu informatycznego. Kompetencje tych ludzi są bardzo duże ponieważ posiadają ogromną decyzyjność zarządczą. Podpisanie kontraktu na wdrożenie zintegrowanego systemu informatycznego pomiędzy klientem a dostawcą nakłada na obydwie strony poważne zobowiązania finansowe sięgając od kilkuset tysięcy złotych nawet do kilku milionów złotych. Zintegrowane systemy informatyczne są bardzo drogie ponieważ umożliwiają zarządzanie przedsiębiorstwem online co przekłada się na możliwość podejmowania decyzji online. Stawki ekspertów dostawców zintegrowanych systemów informatycznych wynoszą nawet do kilku tysięcy złotych za godzinę pracy. Z kolei klient chcąc zabezpieczyć swoje interesy biznesowe umieszcza w kontrakcie wdrożeniowym stosowne kary dla dostawcy zintegrowanego systemu informatycznego za niedotrzymanie wcześniej ustalonych terminów za określone działania zdefiniowane podczas



negocjacji. Często te kary są bardzo wysokie. Dostawca zintegrowanego systemu informatycznego wystawia swój najlepszy skład wdrożeniowy. Czasami klient nie podziela zdania dostawcy zintegrowanego systemu informatycznego żądając od niego wymiany konsultanta na innego. Jest to bardzo trudny moment dla obu stron, kiedy następuje konfrontacja wcześniejszych ustaleń i zapewnień poczynionych na etapie analizy procesów biznesowych. Innym przypadkiem jest fakt, kiedy osoba z zespołu od dostawcy zintegrowanego systemu informatycznego chce odejść z pracy świadczonej na rzecz dostawcy zintegrowanego systemu informatycznego. Jest to typowy czynnik ludzki, który zawsze jest trudny do przewidzenia. Każda ze stron prowadzonego wdrożenia musi posiadać menedżera projektu, który operacyjnie będzie odpowiadał za wszystkie procesy zachodzące we wdrożeniu. Menedżer projektu od dostawcy zintegrowanego systemu informatycznego jeżeli jeszcze posiada kompetencje merytoryczne z konkretnych funkcjonalności tego systemu to tym bardziej jego rola jest mocniejsza. Praktycznie, każdy dostawca zintegrowanego systemu informatycznego prowadzi własną politykę biznesową w tym zakresie. Klient ma dwie możliwości, może delegować swojego pracownika do zarządzania tym projektem wdrożeniowym lub zatrudnić zewnętrznego menedżera projektu któremu zleci zarządzanie projektem wdrożeniowym. Każde rozwiązanie posiada swoje zalety i wady. Decyzja leży wyłącznie po stronie klienta. Na początku każdego wdrożenia organizuje się spotkanie zwane kick off, którego celem jest integracja obydwu zespołów najlepiej w miejscu poza siedzibą klienta o ile jest to możliwe. Podstawowym celem tego spotkania jest to by dwa zespoły wspólnie się poznały i zaprzyjaźniły, ustaliły konkretny sposób komunikacji pomiędzy nimi. Na tym spotkaniu dostawca zintegrowanego systemu informatycznego musi przedstawić konkretną prezentację wizji całego procesu wdrożenia zintegrowanego systemu informatycznego. Każdy projekt wdrożeniowy musi posiadać konkretną dokumentację papierową, która może być podstawą do potencjalnych roszczeń po obu stronach. Osobą odpowiedzialną za stronę formalną jest przede wszystkim menedżer projektu, często jest również mediatorem w przypadku konkretnych konfliktów interesów, które mogą się pojawić podczas prowadzonego projektu wdrożeniowego. Każde spotkanie musi być udokumentowane podpisaną notatką służbową lub poprzez ustalenia email o ile to było dopuszczalne w sposobie komunikacji wcześniej ustalonym. Dostawca zintegrowanego systemu informatycznego organizuje szkolenia dla kluczowych właścicieli procesów biznesowych po stronie klienta. Szkolenia te ograniczają koszty szkoleniowe, które by musiał ponieść klient gdyby

dostawca zintegrowanego systemu informatycznego musiał prowadzić szkolenia dla wszystkich użytkowników zintegrowanego systemu informatycznego w przedsiębiorstwie produkcyjnym. Każdy kluczowy właściciel procesu biznesowego będzie musiał przeprowadzić szkolenia dla osób, które są zaangażowane w realizację tego procesu biznesowego, którym on zarządza. Użytkownikom tym należy przygotować instrukcje stanowiskowe. Instrukcja stanowiskowa musi być tak przygotowana by każdy użytkownik mógł ją wykorzystać do obsługi konkretnego procesu biznesowego.

## 5. Serwis powdrożeniowy

Przyjęcie przez klienta i podpisanie dokumentu końcowego zakończenia wdrożenia zintegrowanego systemu informatycznego jest początkiem podjęcia przez dostawcę zintegrowanego systemu informatycznego usług serwisowych zgodnych z podpisaną umową serwisową. W zależności od zakupionego pakietu usług serwisowych, które mają być świadczone przez dostawcę zintegrowanego systemu informatycznego klient może część prac wykonywać samodzielnie. Dostawca zintegrowanego systemu informatycznego zakończony projekt wdrożeniowy przekazuje do działu serwisu, który przejmie operacyjne współpracę powdrożeniową oraz zapewni klientowi najwyższy poziom obsługi. W zależności od jakości współpracy pomiędzy dostawcą zintegrowanego systemu informatycznego a klientem możliwe jest by klient w przyszłości został referencją dostawcy zintegrowanego systemu informatycznego.

## 6. Kokpity zarządcze

Wymagania informacyjne przedsiębiorstw produkcyjnych są ogromne. W tym celu wybrani dostawcy zintegrowanych systemów informatycznych przygotowali dedykowane jednoekranowe kokpity zarządcze. Funkcjonalność ta pozwala na definiowanie spersonalizowanych kokpitów zarządczych na, których jest prezentowana zagregowana informacja w sposób graficzny umożliwiającą pozyskanie informacji z różnych procesów biznesowych w jednym miejscu. Kokpity zarządcze są definiowane w zależności od użytkownika, który ma z nich korzystać. Prezes przedsiębiorstwa będzie potrzebował kluczowe informacje np. przepływy finansowe. Każdy inny zdefiniowany użytkownik będzie mógł posiadać dedykowany kokpit zarządczy. Sposób prezentacji danych jest w różnej formie, np. wykresy słupkowe, kołowe. Dane można w zależności od potrzeb prezentować tabelarycznie. Bardzo często wybiera się zaznaczenia w kolorach by szybko wizualnie

przedstawić wcześniej zdefiniowaną kolorem sytuację, która zaistniała przy przedstawionych danych. Zintegrowany system informatyczny posiada już zestaw predefiniowanych kokpitów zarządczych jak również narzędzia do tworzenia nowych kokpitów, które mogą tworzyć użytkownicy, administratorzy posiadający wiedzę merytoryczną i narzędziową.

## **7. Podsumowanie**

Proces wdrożenia zintegrowanego systemu informatycznego jest bardzo trudnym i złożonym projektem. Dobrze przygotowany proces wyboru a w efekcie zakupu zintegrowanego systemu informatycznego może zminimalizować potencjalne ryzyko porażki wdrożenia. Czynniki ludzkie jest trudny do przewidzenia a jednocześnie jest bardzo ważny podczas prowadzenia procesu wdrożeniowego. Autor celowo nie podawał żadnych nazw dostawców ani oferowanych przez nich konkretnych zintegrowanych systemów informatycznych by uniknąć ujawniania wrażliwych danych biznesowych.

## **Literatura**

1. Scheer A.-W.: CIM (Computer Integrated Manufacturing) – Towards the Factory of the Future. Springer-Verlag, 1994.
2. Scheer A.-W.: Business Process Engineering. Reference Models for Industrial Enterprises. Springer-Verlag, 1994.
3. Landvater D., Gray C.: MRPII Standard System. Oliver Wight Publications, Inc., 1983, pp. 3.
4. Orlicky J.: Planowanie Potrzeb Materiałowych Państwowe Wydawnictwa Ekonomiczne, 1981, pp. 405-408
5. Banaszak Z: Gattner D., Mazur-Łukomska K., Muszyński W.: Zarządzanie operacjami, Wydawnictwo Politechniki Zielonogórskiej, Zielona Góra, 1997.
6. Durlik I.: Inżynieria zarządzania strategią i projektowanie systemów produkcyjnych w gospodarce rynkowej. WN, Katowice 1993. Lewandowski J., Skołud B., Plinta D.: Organizacja systemów produkcyjnych, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne S.A., Warszawa 2014.
7. Hall, R.W.: „MRP and Kanban, American Style,” in APICS 26<sup>th</sup> Annual International Conference Proceedings, 1983, str.568-603.
8. Browne J., Harhen J., Shivnan J.: Production Management System An Integrated Perspective, Addison Wesley, 1996.
9. Ptak C.: ERP Tools, Techniques and Applications for Integrating the Supply Chain, CRC Press LLC, Boca Raton FA, 2004.
10. Pająk E.: Zarządzanie produkcją. Produkt, technologia, organizacja, Wydawnictwo Naukowe PWN S A, Warszawa 2006.
11. American Production and Inventory Control Society (APICS): „APICS Dictionary”, 8. Edition, 1995.

## Fraktalna analiza i predykcja zmian parametrów chodu

Dariusz Mikołajewski<sup>1</sup>, Emilia Mikołajewska<sup>2</sup>, Belco Sangho<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Uniwersytet Kazimierza Wielkiego, Instytut Informatyki, Chodkiewicza 30, 85-064 Bydgoszcz  
e-mail: dmikolaj@ukw.edu.pl

<sup>2</sup> Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Collegium Medicum im. Ludwika Rydygiera, Wydział Nauk o Zdrowiu,  
Katedra Fizjoterapii, Jagiellońska 13-15, 85-094 Bydgoszcz

**Streszczenie:** Chód jest jedną z najbardziej złożonych i najczęściej wykonywanych czynności przez człowieka. Cel pracy był dwójaki: analiza metody obliczania miar fraktalnych chodu, klasyfikacja z wykorzystaniem sztucznych sieci neuronowych (ANN) i ich przydatność w codziennej praktyce klinicznej oraz ustalenie minimalnego zestawu parametrów odzwierciedlających z wystarczającą dokładnością kliniczną zmiany u chorych po udarze mózgu. Badania przeprowadzono na podstawie danych archiwalnych 50 zdrowych osób chodzących i 50 chorych po udarze mózgu. Wykazano, że mniejsza liczba parametrów (wymiar fraktalny, indeks Hursta) pozwala na lepszy opis chodu. ANN są w stanie dokonać automatycznej oceny jakościowej, a nie tylko ilościowej chodu.

**Słowa kluczowe:** Analiza chodu, parametry fraktalne, klasyfikacja

### *Fractal analysis and prediction of changes in gait parameters*

**Abstract:** Walking is one of the most complex and most frequently performed human activities. The aim of the study was twofold: analysis of the method of calculating fractal gait measures, classification using artificial neural networks (ANNs) and their usefulness in everyday clinical practice and establishing a minimum set of parameters reflecting with sufficient clinical accuracy the change in stroke patients. The study was based on the following data from archival records of 50 healthy walkers and 50 stroke patients. The study showed that fewer parameters (fractal dimension, Hurst index) allow for better description of the walk. ANNs are able to make an automatic qualitative, not just quantitative assessment of the walk.

**Key words:** Gait analysis, fractal parameters, classification

### 1. Introduction

Walking is one of the most complex and most frequently performed human activities, occupying in an average person about 10 percent of the time of day. Despite technological progress, there is no single, universal tool to diagnose and evaluate the function of walking [16]. Solutions based on computational intelligence can complement traditional methods of clinical analysis of gait. The correct (physiological) human mobility is stereotypical, i.e., there is a global pattern of walking and the range of deviation from it is so narrow that an acceptable range of deviation from it can be established for the whole population. Despite progress in this area:

- there are no universal methods,
- simple, fast, and cheap methods are not accurate,
- accurate and reproducible methods are time-consuming, costly and require complex procedures and technical equipment.

Gait analysis based on computational intelligence (CI) can complement or even replace traditional methods of clinical walk analysis, especially when measured data:

- must be extracted from normal patient activity,
- are incomplete,
- are fraught with errors, costly and require complex procedures and technical equipment,
- do not allow the construction of a mathematical model and must be analysed in a different way,
- have to get quickly from a large sample,
- it must be obtained in a cheap way.

Aforementioned methods can be useful screening tool since many injuries and diseases are reflected in gait features. The main problem is also to describe the qualitative parameters, and not only the quantitative parameters of gait. The potential of artificial intelligence in gait analysis is still untapped, especially in the area of simple and cheap screening solutions that a primary care doctor or physiotherapist can run on a smartphone or tablet without using the gait analysis laboratory. Such simple and rapid screening tests make it possible to

catch patients who require further diagnosis, which is already much more accurate, time consuming and expensive. This approach increases the effectiveness of capturing gait disorders and the conditions of which they are a symptom, and also facilitates early diagnosis, rehabilitation and care of risk groups, including the elderly. In some cases, the examination is possible at home, allowing for remote supervision of the patient's condition. We are deeply convinced artificial intelligence can significantly support the computational analysis of gait. The authors have shown this in earlier works, where they developed solutions based on it:

- aggregation of normalized spatio-temporal parameters of gait to one fuzzy number showing the degree of compliance of the results for a given patient with the physiological gait pattern previously extracted from the study,
- fractal analysis, in which the fractal dimension reflected the smoothness and uniformity of the walk [1, 11, 12],
- classification by means of artificial neural networks for physiological (in healthy patients) and pathological (in patients with deficient gait function [2, 3, 4].

The aim of the study was twofold: analysis of the method of calculating fractal gait measures, classification using artificial neural networks (ANNs) and their usefulness in everyday clinical practice and establishing a minimum set of parameters reflecting with sufficient clinical accuracy the change in stroke patients.

## 2. Materials and Methods

### 2.1 Material

The research was based on the following data in the archive records of 50 healthy people's gait and 50 post-stroke patients, both men and women, aged 38-72 years (mean 55, SD=5.67). Selection method in both groups was convenience samples based on archival data sets. Stroke is one of the most serious neurological diseases, and one of the three most common civilisation diseases (i.e. its incidence increases with the development of civilization of a given community). In addition, changes after a stroke are often reflected in gait parameters. Better diagnosis and quicker rehabilitation influences higher health-related quality of life in stroke survivors.

### 2.2 Methods

Normalized spatio-temporal parameters of gait were calculated based on anthropometric measures of patients and their gait parameters (gait velocity, cadence and stride length) measured in every patient. Fuzzy parameter was calculated using

original algorithm previously described [2]. The study analyses time series, generated from films made during the 10 m walk test recording. For generation of time series Open Source Tracker Video Analysis and Modelling Tool in version 5.1.5 was used. The generated time series were exported to the Matlab for fractal analysis and multifractal time series. Fractal dimension (D, also FD, value in the range 1-2) was calculated:

$$a = 1/s^D \tag{1}$$

$$D = (\log A) / \log(1/s) \tag{2}$$

where: a - number of elements obtained as a result of scaling up the object, D- fractal dimension, self-similarity dimension s - a scaling factor.

Box-counting dimension was compared with and Higuchi's fractal dimension, but the first of them is much quicker and easier-to-use in environments featured by low computational power. Hurst index (also called Hurst Exponent) was then calculated:

$$SD = a^H \tag{3}$$

where: SD - standard deviation, a - the length of the time series. It takes values from the range (0, 1).

The interpretation of the H value is following:

- H in the range 0-0,5 - a highly volatile time series with frequent changes of direction in short-term trends,
- H=0.5 - random character, equal probability of changing and maintaining the trend,
- H in the range 0.5-1 - an orderly course, with a higher probability of maintaining the current trend.

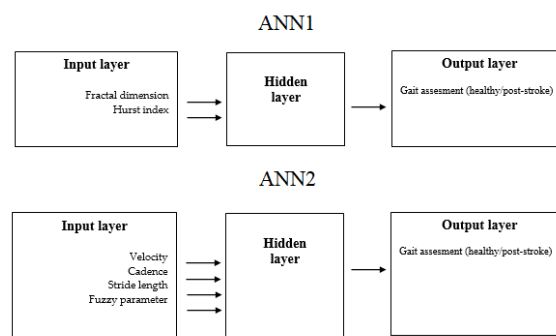


Fig. 1. ANNs structure

ANN-based analysis was performed respectively using various architectures based on:

- ANN1 based on current results,
- ANN2 based on archival results (Figure 1).

Results from both aforementioned ANNs were compared and assessed. The statistical analysis was

carried out with the Statistica package. The MATLAB 16.0 software was used for training and optimisation purposes. The results for various ANNs architectures were compared - only the best of them are described in this paper.. Results of the analysis were compared to the results of the traditional analysis of the spatio-temporal gait parameters i.e., velocity, pace, stride length and gait classification in the same people calculated in CGA Gait Analyzer software by Chris Kirtley as far as fuzzy analysis by Prokopowicz et al.

**Table 1.** Results in the group of healthy people

	Fractal dimension	Hurst Index
Mean	1.15	0.21
SD	0.06	0.05
Min	1.04	0.11
Q1	1.06	0.16
Median	1.12	0.19
Q3	1.15	0.26
Max	1.18	0.33

**Table 2.** Results in the group of post stroke people

	Fractal dimension	Hurst Index
Mean	1.38	0.29
SD	0.32	0.07
Min	1.12	0.15
Q1	1.26	0.23
Median	0.26	0.28
Q3	1.44	0.34
Max	1.53	0.39

**Table 3.** Difference between groups of healthy people and post stroke patients

	Fractal dimension	Hurst Index
Średnia	0.24	0.08
SD	0.08	0.02
Min	0.08	0.04
Q1	0.19	0.07
Mediana	0.25	0.09
Q3	0.3	0.11
Max	0.35	0.14

### 3. Results

Results in the group of healthy people are presented in Table 1. Results in the group of post stroke people (not always with with clear hemiplegia) are presented in Table 2. Difference between aforementioned groups was statistically significant ( $p < 0.05$ , Table 3). ANN analysis: the input variables were scaled using the same max and min values from the in-sample data. Initial network weight values were estimated values between -1 and 1. To prevent startup weight deviation, weights randomly selected on initialisation were standardised. Samples were divided into three groups: 70 percent (learning), 20 percent (testing), and 10 percent (validation). ANN1 was able to minimise the MSE for the data in the training set to very small values (0.01), was faster, its accuracy was very good (95 percent) even in very simple networks such as MLP 2-7-1 (ANN1) compared to MLP 4-9-1 (ANN2). Quality of learning and testing was high (0.8813-0.9275).

### 4. Discussion

Gait has been evaluated for decades and used as a proxy indicator to high-light impairments of various origins. In most studies, classical linear analyses of spatio-temporal gait parameters have been adopted. Advanced, but no less practical, non-linear, automatic or semi-automatic techniques can be used to analyze the time series of gait parameters of both healthy and sick people. Clinicians and scientists still look for more sensitive indicators related to spatio-temporal gait parameters than previously used, in the hope of better, quicker, and simpler identification of movement disorders. Similar current studies are rare, but it is widely believed that an analysis of gait can help clinicians to improve targeted treatment. Karczmarczyk et al. showed efficiency of ANN-based classification of gait [1]. They have used three methods to classify stroke patients' gait patterns into homogeneous groups with an average success rate of 85 percent. Similar methods can be used to catch small, slowly increasing changes in gait parameters, as in Parkinson's disease [6]. The first completed attempts to use the fractal parameters for automatic analysis of gait took place in the 1990s [7]. Study by Phinyomark et al. showed that depending on the purpose of the research, careful selection of the methods of fractal analysis and their parameters is required [7]. Dierick et al. compared H and FD, including walking backward, and assessed that complementary application of the Hurst exponent and the fractal dimension can significantly improve walking classification [10]. Study by Gates and Dingwell based on fractal analysis of gait showed, that normal long-range correlation structure of stride intervals remained unaltered despite significant peripheral sensory loss. Such phenomenon may be significant factor taken into consideration during

further research on gait analysis, gait itself, and sensory/motor control within the central nervous system and peripheral nervous system [9]. But the proposed observation of the long term correlations in the gait cycle requires much longer duration of the diagnostic process, not always available in clinical and home settings. The use of fractal parameters in the analysis of gait in Parkinson's disease patients is moving towards increasing computational complexity in laboratory setting, which goes beyond the scope of this study [13], [14]. Main limitation of the study is following: our solution is adjusted to the diagnosis of healthy person's gait and patients' gait with a specific condition (post-stroke, sometimes with the characteristic hemiplegic gait). There is a need to explore a solution for much larger groups of people, not always homogeneous, with a variety of walking dysfunctions. Despite aforementioned limitation our finding can have immediate applications in rehabilitation, especially gait diagnosis and classification procedures. During the further work we plan to determine the chaotic dynamic parameters: the variation in time of the Hurst exponent, the multifractal spectrum, and the distribution of probabilities in order to assess the predictability of the value of the complex system so described (i.e. the ability to predict the results of self-medication and therapy-assisted self-medication). The ultimate goal is to develop an automated solution for the diagnosis, classification and prediction of gait. Our previous tool, developed jointly with Prof. Prokopowicz, based on the analysis of fuzzy parameters of spatio-temporal gait parameters, won two awards. Novel, not fully explored auxiliary solutions for our software can constitute wearable devices developed within Internet of Things (IoT) paradigm [15].

## 5. Conclusions

Fewer parameters (D, H) allow better description of the walk. Higher (i.e. worse) values of parameters were observed as well as greater variability of the fractal parameters of gait in the group of patients after the stroke. The Hurst's index indicates that these are time series with high variability, with frequent changes of direction of short-term trends, which allows to think positively about the influence of therapy (possible trend reversal). ANNs are able to make an automated qualitative and not only quantitative assessment of the gait by comparing spatial-temporal gait patterns (form of curves) and the correct course of the gait cycle, extracted by the network. Clear expressing predictability and complexity of gait interval time series, exactly computed and properly interpreted can significantly influence gait diagnosis and further therapy and care [16-19].

## Acknowledgements

The paper is a part of work financed by statutory audits of the Institute of Computer Science, Kazimierz Wielki University in Bydgoszcz, Poland.

## Conflict of interest

The authors declare that they have no conflict of interest.

## References

1. Mandelbrot B. B. The fractal geometry of nature, W.H. Freeman, San Francisco (1982).
2. Prokopowicz P., Mikołajewski D., Tyburek K., Mikołajewska E. Computational gait analysis for post-stroke rehabilitation purposes using fuzzy numbers, fractal dimension and neural networks. *Bull Pol Acad Sci Tech Sci* 2020, 68(2), 191-198 (2020).
3. Mikołajewski D., Mikołajewska E., Fractal analysis of gait, *Studies and Materials in Applied Computer Science*, 12 pp. 23-26 (2020).
4. Mikołajewska E. Nowe markery chodu w klinicznej analizie chodu w grupie pacjentów poddanych ozgu usprawnianych metoda NDT-Bobath. Wydawnictwo CM UMK, Bydgoszcz 2017.
5. Kaczmarczyk K., Wit A., Krawczyk M., Zaborski J. Gait classification in post-stroke patients using artificial neural networks, *Gait Posture*, 30(2), 207-210 (2009).
6. Kostek B., Kupryjanow A. Wykorzystanie sieci neuronowych i metody wektorów nośnych SVM w procesie rozpoznawania aktywności ruchowej pacjentów dotkniętych chorobą Parkinsona. [W:] Tadeusiewicz R., Korbicz J., Rutkowski L., Duch W. (red.) *Sieci neuronowe w inżynierii biomedycznej*. Tom 9. monografii: Torbacz W., Maniewski R., Wójcicki J. M., Liebert A. (red.) *Inżynieria biomedyczna – podstawy i zastosowania*. Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa 2013, ss. 239-262.
7. Ripoli A., Belardinelli A., Palagi G., Franchi D., Bedini R. An effective algorithm for quick fractal analysis of movement biosignals. *J Med Eng Technol*, 23(6), 216-221 (1999).
8. Phinyomark A., Larracy R., Scheme E. Fractal analysis of human gait variability via stride interval time series. *Frontiers in Physiology*, 11, 333 (2020).
9. Gates D. H., Dingwell J. B. Peripheral neuropathy does not alter the fractal dynamics of stride intervals of gait, *J Appl Physiol*, 102(3), 965-971 (2007).
10. Dierick F., Nivard A.-L., White O., Buisseret F. Fractal analyses reveal independent complexity and predictability of gait, *PLoS ONE* 12(11), e0188711 (2017).
11. Lopes R., Betrouni N. Fractal and multifractal analysis: a review. *Med Image Anal.*, 13(4), 634-49 (2009).
12. Chau T. A review of analytical techniques for gait data. Part 1: fuzzy, statistical and fractal methods. *Gait Posture* 13, 49-66 (2001).
13. Chakraborty M., Das T., Ghosh D. Characterization of gait dynamics using fractal analysis for normal and

- Parkinson disease patients, 2015 IEEE Power, Communication and Information Technology Conference (PCITC), Bhubaneswar, 367–372 (2015). Immersive Virtual Reality to Restore Natural Long-Range Autocorrelations in Parkinson's Disease Patients' Gait During Treadmill Walking.
14. Lheureux A., Lebleu J., Frisque C., Sion C., Stoquart G., Warlop T., Detrembleur C., Lejeune T. Immersive Virtual Reality to Restore Natural Long-Range Autocorrelations in Parkinson's Disease Patients' Gait During Treadmill Walking, *Front Physiol.* 11, 572063, 2020.
15. Mikołajewski D., Mikołajewska E., Prokopowicz P., Nedashkovskyy M. Wearable devices in clinical gait analysis, *Studies and Materials in Applied Computer Science*, 10(1), 5-8 (2018).
16. Mikołajewska E. Normalized gait parameters in NDT-Bobath post-stroke gait rehabilitation, *Central European Journal of Medicine*, 7(2), 176-182 (2012).
17. Mikołajewska E., Mikołajewski D. Roboty rehabilitacyjne. *Rehabil. Prakt* 4, 49-53 (2010).
18. Mikołajewska E., Mikołajewski D. Zastosowania automatyki i robotyki w wózkach dla niepełnosprawnych i egzoszkieleciech medycznych. *Pomiary Automatyka Robotyka* 15, 58-63 (2011).
19. Mikołajewska E., Mikołajewski D. Roboty rehabilitacyjne i pielęgnacyjne. *Mag. Pielęg. Położ* 12, 42 (2009).