

# Wspomaganie narzędzi Business Intelligence zintegrowanymi systemami ERP, APS i MES

Katarzyna Grobler-Dębska, Jarosław Gracel

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, WEAIiE, Katedra Automatyki

**Streszczenie:** Celem artykułu jest przedstawienie rozważań nad integracją systemów informatycznych klasy ERP, APS i MES do wsparcia realizacji automatycznie pozyskiwanych danych do analiz oraz procesów decyzyjnych w module Zrównoważonej Karty Wyników w rozwiązaniach Business Intelligence. W ramach artykułu przeanalizowano przepływ danych w zintegrowanych systemach ERP, APS i MES. Przedstawiono koncepcję zastosowania metodologii Zrównoważonej Karty Wyników do zarządzania strategicznego firmami produkcyjnymi. Opisano także wpływ integracji systemów ERP, APS i MES na realizację strategii firmy. Dodatkowo zaproponowano scenariusz automatycznego pobierania danych w czasie rzeczywistym do systemu Business Intelligence. Na podstawie tych danych w systemie BI wyliczane są wskaźniki do oceny realizacji strategii w ramach czterech perspektyw (finansowej, klienta, procesów wewnętrznych oraz uczenia się i wzrostu) Zrównoważonej Karty Wyników. Proponowane przez autorów podejście ma na celu znaczące poprawienie rzetelności danych wejściowych, na podstawie których wyliczane są wskaźniki postępu realizacji strategii w module Zrównoważonej Karty Wyników. W konsekwencji pozwoli to na zmniejszenie ryzyka wykorzystania błędnych danych wejściowych w procesach planowania strategicznego i oceny stopnia realizacji zatwierdzonej strategii.

**Słowa kluczowe:** systemy ERP, systemy APS, systemy MES, Business Intelligence, Zrównoważona Karta Wyników

## 1. Wprowadzenie

Ze względu na wzrastające wymagania rynkowe, podstawą prosperowania przedsiębiorstw produkcyjnych jest ich zdolność do sprawnego i opłacalnego zarządzania strategicznego. W celu zwiększania konkurencyjności wymagana jest ciągła analiza i optymalizacja procesów na poziomie strategicznym, taktycznym i operacyjnym w oparciu o dane gromadzone w czasie rzeczywistym. Takie metody zarządzania wymagają wsparcia systemami informatycznymi. Systemami wspomagającymi zarządzanie strategiczne są systemy klasy ERP, które projektowane są w celu szczegółowej kalkulacji i monitorowania kosztów w całym przedsiębiorstwie oraz zawierają moduły do raportowania zarządczego (Business Intelligence) umożliwiające zamodelowanie celów strategicznych firmy w postaci Zrównoważonej Karty Wyników. Wadą tych systemów jest ręczne raportowanie danych z produkcji, co może zaburzać analizy wskaźników zdefiniowanych w karcie wyników. Z tego powodu systemy te wymagają uzupełnienia w obszarze podnoszenia efektywności produkcji, zapewnienia stabilności i bezpieczeństwa dostaw oraz jakości produkcji. Zatem w celu wspierania realizacji strategii dużych przedsiębiorstw produkcyjnych, należałoby wdrożyć integra-

cję systemu klasy ERP z systemami, które obejmują swoją funkcjonalnością realizację procesu planowania i wykonania produkcji, czyli systemami klasy APS i MES.

Celem artykułu jest przedstawienie wykorzystania zintegrowanych systemów ERP, APS i MES do automatycznego raportowania danych z produkcji, co pozwoli na poprawę rzetelności automatycznych analiz w module Business Intelligence. W ramach artykułu poddano analizie przepływ informacji między zintegrowanymi systemami ERP, APS i MES oraz zaproponowano scenariusz automatycznego pobierania danych w czasie rzeczywistym z tych systemów do systemu Business Intelligence. Według autorów takie podejście pozwoli na prowadzenie rzetelnych analiz i rzeczywiste podniesienie efektywności realizacji strategii opisanej Zrównoważoną Kartą Wyników.

## 2. Zarządzanie strategiczne firmą

Zarządzanie strategiczne w firmie produkcyjnej o zasięgu globalnym wymaga metodycznego podejścia. Jednym z nowoczesnych narzędzi wspierających planowanie strategiczne jest wypracowana przez Uniwersytet Harvarda *Zrównoważona Karta Wyników (balanced scorecard)* [4].

### 2.1. Metodologia Zrównoważonej Karty Wyników

Zrównoważona Karta Wyników to metodologia pomiaru efektywności i kontroli organizacji przez powiązanie strategii przedsiębiorstwa z działaniami operacyjnymi. Jej głównym założeniem jest spojrzenie na wszystkie zasoby w firmie (zasoby ludzkie, jednostki biznesowe, zarząd, technologie informacyjne, budżet i inwestycje) przez pryzmat strategii oraz zdefiniowanie związków przyczynowo-skutkowych między celami strategii a działaniami operacyjnymi.

Istotą Zrównoważonej Karty Wyników jest prezentacja i analiza dokonań przedsiębiorstwa równocześnie w czterech perspektywach:

1. Finansowej – uwzględnienie wzrostu przychodów, zyskowności i ryzyka z punktu widzenia udziałowców,
2. Klienta – podnoszenie jakości obsługi klienta oraz kreowanie wartości produktów i usług,
3. Procesów wewnętrznych – zarządzanie i optymalizacja procesów biznesowych i produkcyjnych, tak aby podnosiły wartość firmy z punktu widzenia klientów i udziałowców,
4. Uczenia się i wzrostu – tworzenie kultury sprzyjającej powstawaniu innowacji, rozwojowi kompetencji pracowników i wdrażaniu inicjatyw optymalizacyjnych.

W ramach tych perspektyw tworzone są cztery zestawy powiązanych ze sobą wskaźników (finansowych; satysfakcji, pozyskiwania i utrzymania klientów; jakości, czasu i kosztów

produkcji i procesów; innowacyjności i doskonalenia pracowników) w taki sposób, by monitorować przełożenie realizowanych operacji i działań na osiągnięcie przyjętej strategii.

## 2.2. Wsparcie zarządzania strategicznego w obecnych systemach ERP

W ostatnim okresie w wiodących systemach ERP została zaimplementowana aplikacja Zrównoważonej Karty Wyników jako jeden z modułów *Business Intelligence* [2]. Aplikacja ta wspomaga implementację koncepcji strategii firmy w ramach metodologii Zrównoważonej Karty Wyników oraz upowszechnienia jej w całym przedsiębiorstwie. Ponadto prócz wskaźników finansowych będących do tej pory geną działań systemów ERP, kierownictwo ma dostęp do wskaźników przedstawiających również stan obsługi klientów, procesów wewnętrznych i poziomu umiejętności pracowników. Istnieje również możliwość jednoczesnej prezentacji strategii i wskaźników, co ułatwia analizę wpływu konkretnych projektów i działań na wyniki firmy w perspektywie długofalowej.

Koncepcja rozwoju systemów BI zakłada uproszczenie obsługi oprogramowania analitycznego, tak aby wyeliminować udział czynnika ludzkiego w podejmowaniu decyzji, czyli zastąpienie w dużym stopniu pracowników z wiedzą specjalistyczną. Wdrożenie takiego kompleksowego podejścia *Business Intelligence* jest procesem wieloetapowym składającym się z [2]:

1. etap 1 – raportowanie z systemów produkcyjnych (operacyjnych) i statystyki;
2. etap 2 – zapytania, przetwarzanie OLAP i data mining;
3. etap 3 – pakiety *Business Intelligence* i aplikacje analityczne;
4. etap 4 – automatyzacja procesów decyzyjnych;
5. etap 5 – automatyzacja procesów „inteligentnych”.

Innowacyjne przedsiębiorstwa korzystają aktualnie z narzędzi zdefiniowanych w etapie 3 i 4. Według autorów, wadą tych narzędzi jest brak rzetelności danych zbieranych na etapie 1, który spowodowany jest tym, że wiele istotnych danych na poziomie produkcyjnym jest przekazywanych i raportowanych przez pracowników w sposób manualny, po pewnym czasie. Przykładowo, z systemu ERP w sposób ręczny (w postaci papierowej karty pracy) przekazywane są do pracowników liniowych (operatorów) informacje o szczegółowym harmonogramie prac. Dodatkowo informacja zwrotna o stanie zaawansowania realizacji danego zlecenia jest uzupełniana w karcie przez operatorów raz na zmianę lub raz dziennie, a następnie wprowadzana w sposób ręczny do systemu ERP. Wtedy często opóźnienia w raportowaniu generują późniejsze opóźnienia w dostawie produktu do klienta. Dodatkową wadą systemu ERP działającego w firmie samodzielnie są braki w dostępie do informacji w czasie rzeczywistym na poziomie operacyjnym, tj. w procesach zarządzania i realizacji produkcji. Braki te przekładają się negatywnie na realizację celów strategicznych. Przykładowo, brak efektywnego harmonogramowania zadań wpływa negatywnie na poziom wykorzystania istniejącego parku maszynowego. Brak automatycznego śledzenia pracochłonności zadań może negatywnie wpływać na brak możliwości określenia realnego czasu dostawy. Aktualne podejście może powodować, że do automatyzacji analiz i procesów decyzyjnych (etap 3 i etap 4) przyjmowane są błędne założenia. Według autorów możliwe

jest uzyskanie większej efektywności stosowanych narzędzi BI, a przez to lepszej realizacji strategii firmy dzięki zastosowaniu integracji systemów ERP, APS i MES.

## 3. Wpływ zintegrowanych systemów ERP, APS, MES na realizację strategii firmy

Na rynku dostępne są liczne systemy informatyczne, które dzięki swojej funkcjonalności ułatwiają efektywną realizację zadań bieżących oraz rozwój przedsiębiorstwa. W zależności od zakresu zaimplementowanej funkcjonalności, dzielimy je na systemy różnej klasy. Najczęściej wdrażanymi przez firmy produkcyjne są systemy [6, 7, 8]:

- klasy ERP (*Enterprise Resource Planning*), które stanowią najbardziej zaawansowaną grupę aplikacji wspomagających zarządzanie. Zadaniem systemów tej klasy jest integracja różnych obszarów działalności przedsiębiorstwa i procesów w nich zachodzących. Wspierane są najważniejsze dziedziny działalności przedsiębiorstwa takie jak: zarządzanie sferą produkcji, księgowość, dystrybucja i logistyka z możliwością budowy łańcucha dostaw, zarządzanie zasobami ludzkimi, marketing, zarządzanie relacjami z klientem, a często również projektowanie, zarządzanie majątkiem przedsiębiorstwa i rachunkowość zarządcza (budżetowanie, kontroling).
- klasy APS (*Advanced Planning and Scheduling System*), które mają za zadanie realizować funkcje planowania krótkoterminowego oraz harmonogramowania w oparciu o zaawansowane algorytmy, których często brakuje w systemach ERP. Systemy ERP skutecznie monitorują informacje w całej organizacji, realizują transakcje o bardzo dużym zakresie, ale ich wadą jest brak zdolności do określania najkorzystniejszych scenariuszy planistycznych. Natomiast systemy zaawansowanego planowania i harmonogramowania APS generują optymalne plany i harmonogramy biorąc pod uwagę zdolności operacyjne firmy oraz dostępność materiałów przy jednoczesnym uwzględnieniu celów biznesowych. Systemy APS mają więcej możliwości analitycznych, wykorzystują algorytmy oparte na programowaniu liniowym oraz algorytmy genetyczne. APS dobrze nadaje się do środowisk, w których prostsze metody planowania (np. krokowego) nie zdają egzaminu,
- klasy MES (*Manufacturing Execution Systems*), których zadaniem jest efektywne i skuteczne prowadzenie procesu produkcyjnego na podstawie precyzyjnych i aktualnych danych produkcyjnych pochodzących z układów sterowania i systemów akwizycji danych oraz raportowanie aktualnego stanu realizacji zleceń w czasie rzeczywistym. Systemy MES odpowiadają za zbieranie i archiwizację danych produkcyjnych, wykonywanie dyspozycji zadań produkcyjnych na stanowiska robocze, zarządzanie zasobami (maszynami, pracownikami) oraz ich alokację, zarządzanie przeglądami i remontami maszyn i linii produkcyjnych, analizę efektywności produkcji, generowanie raportów i zarządzanie jakością. Systemy klasy MES mają za zadanie eliminować czynnik ludzki w procesie raportowania produkcji przez integrację ze sterownikami maszyn i urządzeń oraz dostarczać dane niezbędne do realizacji

zadań bez opóźnień za pomocą listy zadań wraz z instrukcjami pracy prezentowanymi na panelach operatorskich na stanowiskach roboczych.

### 3.1. Przepływ informacji w zintegrowanych systemach ERP, APS, MES

W firmach produkcyjnych spotykane są integracje systemów parami: ERP z systemami MES, a także ERP z systemami APS. Natomiast tego typu integracje mają nadal duże wady. W scenariuszu integracji, w którym systemy klasy ERP są integrowane tylko z systemami klasy APS, harmonogramowanie zleceń produkcyjnych jest znacząco utrudnione ze względu na brak dokładnych informacji na temat aktualnego stanu pracy gniazd roboczych i ich obciążenia, aktualnego poziomu magazynów operacyjnych na produkcji. Najczęściej dane te są uaktualniane podczas dziennych lub tygodniowych ręcznych inwentaryzacji. Dodatkowo już po wykonaniu rozdziału zadań na poszczególne gniazda robocze system APS nie dostaje w czasie rzeczywistym informacji o postępie realizowanych prac, awariach i przestojach oraz brakach materiałowych. W przypadku integracji systemów ERP z systemami MES kluczową rolę w procesie planowania odgrywa doświadczenie i wiedza planisty. Od niego bowiem zależy nadanie priorytetów zleceniom oraz przypisanie ich do konkretnych stanowisk roboczych. W takim scenariuszu integracji bardzo trudna jest wielokryterialna analiza, symulacja harmonogramu i jego optymalizacja według wybranych zmiennych wyjściowych. Dlatego kluczową wartość stanowi integracja trzech systemów, opisana dokładnie w artykule [1]. Przykłady komunikatów wymienionych między konkretnymi modułami zintegrowanych systemów ERP, APS i MES zostały przedstawione na rys. 1.

Wykorzystując możliwość automatycznego pobrania z systemów ERP oraz MES kompletu informacji wymaganych do obliczenia harmonogramu, system APS przedstawia planiście różne warianty harmonogramu zależne od kryteriów. Zatwierdzenie harmonogramu przez planistę powoduje automatyczną transformację harmonogramu w konkretne zlecenia (zadania) produkcyjne i wyświetlenie ich na panelach (interfejsach systemu MES) w gniazdach roboczych. Następnie integracja systemu MES ze sterownikami programowalnymi maszyn powoduje automatyczne śledzenie wykonania zleceń oraz rejestrowanie wszystkich zdarzeń awaryjnych

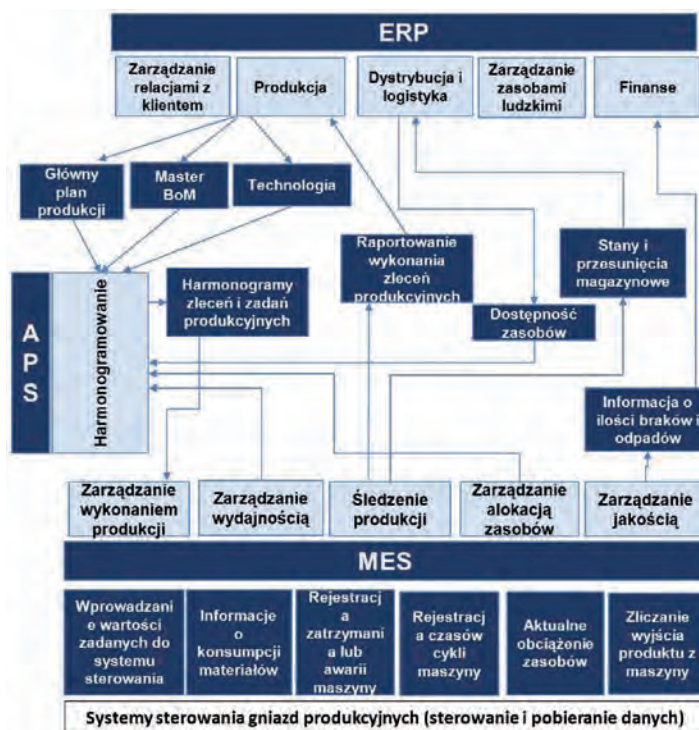
i przestożów, które mogą wpływać na przesunięcie terminu zakończenia zlecenia. Natychmiast po zakończeniu zlecenia dział logistyki i sprzedaży otrzymuje informację z systemu MES i może zrealizować wysyłkę. Dodatkowo w systemie MES są na bieżąco rejestrowane (i aktualizowane w systemie ERP) wszystkie konsumpcje i przesunięcia materiałowe na produkcji oraz dodatkowo, istotne z perspektywy modułu zarządzania finansami, ilości generowanych odpadów. Oprócz tego integracja systemów ERP/APS/MES pozwala na automatyczne przesłanie na linie produkcyjne receptur technologicznych wraz z konkretnymi instrukcjami sterującymi eliminując możliwość wystąpienia błędów podczas przygotowania produkcji.

### 3.2. Wpływ integracji systemów ERP, APS i MES na efektywność działania modułu Business Intelligence

Poddamy analizie scenariusz wykorzystania zintegrowanych systemów ERP/APS/MES do wsparcia modułu Zrównoważonej Karty Wyników. Główną zaletą integracji, zdaniem autorów, będzie możliwość uzyskania rzetelnych danych w czasie rzeczywistym do modelowania wskaźników odpowiedzialnych perspektyw strategicznych.

Do oceny perspektywy finansowej z systemu ERP raportowane są dane o przychodach i kosztach produkcji. W tym momencie dane o kosztach są raportowane ręcznie do systemu ERP. Natomiast po integracji z ww. systemami dane o kosztach realizacji zamówień byłyby pobierane z systemu APS. W systemie APS koszty te byłyby wyliczane na podstawie danych z planów zamówień i na podstawie danych z systemu MES o kosztach materiałów, odpadów, produktywności pracowników, dostępności parku maszynowego i zużycia mediów. Powyższe dane są pobierane automatycznie przez system MES z gniazd produkcyjnych wyposażonych w czujniki lub systemy sterowania.

Do oceny perspektywy klienta z systemu ERP pobierane są dane o przyjmowanych zamówieniach, kontaktach z klientami, efektywności sprzedawców oraz wynikach badań satysfakcji klienta. Ponadto w systemie ERP dokumentowane są dane z realizacji zamówień, które automatycznie mogłyby być pobierane z systemów APS i MES. Z systemu APS pobierane byłyby rzeczywiste czasy realizacji zamówień, natomiast z systemu MES pobierane byłyby automatycznie



Rys. 1. Przykładowe komunikaty wymieniane między systemami ERP, APS, MES [1]

Fig. 1. Examples of messages exchanged between ERP, APS, MES [1]



dane o aktualnych stanach realizacji zamówień i ich jakości.

Do oceny perspektywy procesów wewnętrznych z systemu ERP pobierane są dane o stanie realizacji procesów biznesowych. Z systemu APS raportowane byłyby dane o skuteczności generowanych harmonogramów. Natomiast z systemu MES pobierane byłyby dane na temat efektywności produkcji.

Do oceny perspektywy uczenia się i wzrostu z systemu ERP pobierane są dane o strukturach zasobów i modelach procesów biznesowych. W systemach APS możliwe byłoby tworzenie rzeczywistych symulacji planów i harmonogramów produkcji. Natomiast z systemu MES pobierane byłyby dane zagregowane w module

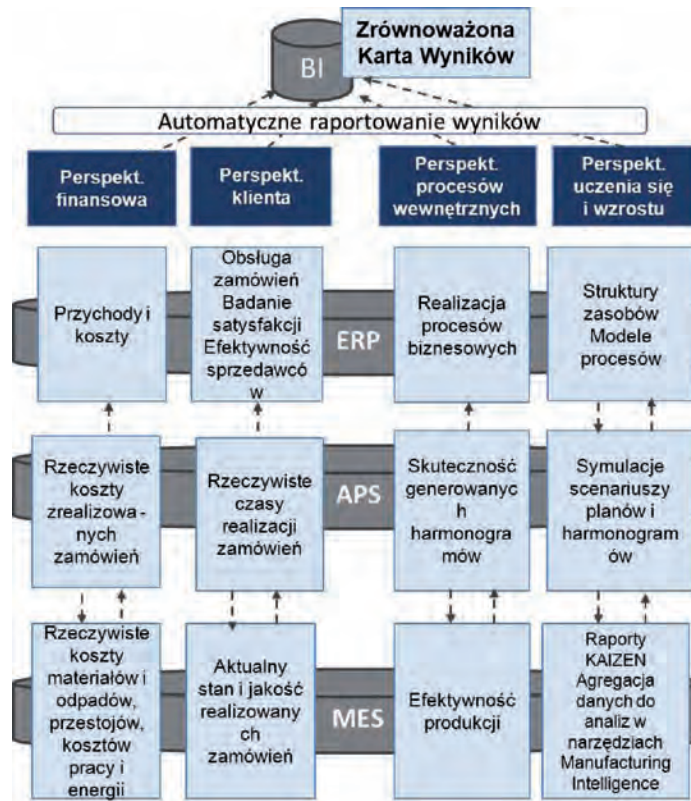
Manufacturing Intelligence, który służy do kontekstowego raportowania danych zebranych automatycznie z gniazd produkcyjnych.

Przeływ danych w zaproponowanym rozwiązaniu przedstawiony jest na rys. 2.

Zaproponowany przepływ danych w zintegrowanych systemach ERP, APS i MES spowoduje, że zagregowane w systemie ERP szczegółowe dane z produkcji, służące do oceny przedsiębiorstwa, będą transferowane bezpośrednio z systemów sterowania w czasie rzeczywistym. Dzięki temu dane w systemie ERP będą wiarygodne i będą mogły być przetwarzane i analizowane bez opóźnień. Dodatkowo wykorzystanie danych z systemu APS wpłynie na wskaźniki zdefiniowane w perspektywie klienta i perspektywie procesów wewnętrznych przez automatyczne i natychmiastowe wyliczanie czasów realizacji zamówień oraz analizę skuteczności harmonogramów w oparciu o dane wejściowe z systemów ERP i MES.

#### 4. Podsumowanie

W artykule zaproponowano podejście, które umożliwi automatyczny transfer danych z produkcji do modułu Business Intelligence. Według autorów pozwoli to na znaczące podniesienie wartości informacji w kokpitach menedżerskich firm produkcyjnych, tym samym zwiększy trafność podejmowanych decyzji. Tak zbudowany system raportowania wspierający moduł Zrównoważonej Karty Wyników może posłużyć jako podstawa do budowania bazy wiedzy. W konsekwen-



Rys. 2. Diagram przepływu danych wejściowych do modułu BI

Fig. 2. Diagram of flow of input data to BI

cji może być źródłem danych wejściowych do systemów wspomaganie i automatyzacji decyzji.

Natomiast wadą proponowanego rozwiązania jest wysoki poziom skomplikowania i koszt wdrożenia integracji trzech dużych systemów ERP, APS i MES z modulem BI. Prawdopodobnie taka inwestycja mogłaby szybko zwrócić się tylko w przedsiębiorstwach międzynarodowych o złożonej strukturze zasobów i złożonym portfelu produktów.

Podsumowując autorzy uważają, że ważnym nierozwiązanym wciąż problemem w ewolucji systemów Business Intelligence jest zagwarantowanie rzetelnych danych wejściowych wprowadzanych w czasie rzeczywistym (bez udziału czynnika ludzkiego). Bez

tego dalsze etapy rozwoju tych systemów, czyli automatyczne algorytmy decyzyjne lub systemy uczące się mają niską wartość.

#### Bibliografia

1. Gracel J., Grobler-Dębska K., Dutkiewicz L.: *Analiza przepływu informacji między systemami klasy ERP, APS i MES w obszarze zarządzania produkcją*. Grupa Naukowa Pro Futuro, Kraków 2011.
2. Januszewski A.: *Funkcjonalność Informatycznych Systemów Zarządzania*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Tom II, 2008.
3. Kaplan R., Norton D.: *Strategy maps: converting intangible assets into tangible outcomes*. Harvard Business School Publishing, 2004.
4. Kaplan R., Norton D.: *The strategy-focused organization: how balanced scorecard companies thrive in the new business environment*. Harvard Business School Publishing, 2001.
5. Liu W., Chua T.J., Larn J., Wang F.Y., Cai, T.X., Yin X.F.: *APS, ERP and MES systems integration for semiconductor backend assembly*. [w] *7<sup>th</sup> International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision*, Singapore, December 2–5, 2002.
6. [www.apics.org] – APICS The Association for Operations Management.
7. [www.isa.org] – ISA | The International Society of Automation.
8. [www.mesa.org] – MESA International. ■

### Supporting Business Intelligence tools by integrated ERP, APS and MES systems

**Abstract:** This article presents reflections on integration of ERP, APS and MES information systems for support of automated analysis and simplify decision processes using Balanced Scorecard module embedded in Business Intelligence solutions. Authors analyzed flow of messages in integrated ERP, APS and MES systems. The article presents idea of applying Balanced Scorecard methodology for strategic management in manufacturing companies. The article describes also influence of integrated ERP, APS and MES systems on company strategy execution. In addition authors propose scenarios of real-time automatic collection of data for Business Intelligence module. Based on these data Business Intelligence system calculates strategy related indicators in four perspectives (financial, customer, internal processes and growth) of Balanced Scorecard methodology. Authors propose new approach aims to significantly improve reliability and credibility of input data used in Balanced Scorecard module for strategy execution evaluation process. In consequence, this will reduce risk of using erroneous input data in strategy planning and strategy execution evaluation processes.

**Keywords:** ERP Systems, APS Systems, MES Systems, Business Intelligence, Balanced Scorecard

#### mgr Katarzyna Grobler-Dębska

Absolwentka Wydziału Matematyki i Informatyki Uniwersytetu Jagiellońskiego, od 2008 r. zatrudniona na stanowisku asystenta naukowo-dydaktycznego w Laboratorium Informatyki w Zarządzaniu w Katedrze Automatyki AGH Akademia Górniczo-Hutnicza. Interesuje się reprezentacją wiedzy w modelowaniu problemów decyzyjnych, systemami informatycznymi w zarządzaniu oraz weryfikacją właściwości oprogramowania wykorzystywanego w systemach wbudowanych.

*e-mail: grobler@agh.edu.pl*



#### mgr inż. Jarosław Gracel

Absolwent studiów Automatyka i Robotyka AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, od 2008 r. zatrudniony na stanowisku asystenta naukowo-dydaktycznego w Laboratorium Informatyki w Zarządzaniu w Katedrze Automatyki AGH Akademia Górniczo-Hutnicza. Opiekun Studenckiego Koła Naukowego „SYNERGY”. Specjalizuje się w tematyce zarządzania produkcją i systemach klasy MES (Manufacturing Execution Systems) oraz integracji systemów IT w obszarach produkcji i zarządzania. Pracuje również jako konsultant w firmie ASTOR. Redaktor naczelnego pisma „Biznes i Produkcja”.

*e-mail: gracel@agh.edu.pl*

