

# Pewne podejście do integracji informacyjnej przygotowania i realizacji produkcji

Jerzy Zając, Adam Kmiecik

Instytut Technologii Maszyn i Automatykacji Produkcji, Politechnika Krakowska

**Streszczenie:** W pracy podjęto tematykę integracji informacyjnej procesów przygotowania i realizacji produkcji. Wykorzystując standard XML, zaproponowano hierarchiczny opis wielowariantowych procesów wytwarzania. Przyjęty sposób budowy opracowanego formatu zapisu wielowariantowego procesu wytwórczego sprawia, iż zapis ten jest rozwiązaniem otwartym i skalowalnym. Dzięki temu nadaje się do bezpośredniego wykorzystania w rozproszonych, wieloagentowych systemach sterowania produkcją, które umożliwiają budowę rekonfigurowalnych systemów wytwarzania. Systemy takie odpowiadają współczesnym wyzwaniom ukierunkowanym na indywidualizację wytwarzanych produktów.

**Słowa kluczowe:** integracja informacji, rekonfigurowany system wytwarzania, XML

DOI: 10.14313/PAR\_206/63

## 1. Wprowadzenie

Cykl życia produktu PLM (ang. *product lifecycle management*) jest zwykle definiowany jako proces obejmujący całość zagadnień związanych z produktem: od powstania koncepcji produktu, przez jego projekt i wytwarzanie, obsługę posprzedażną, aż do recyklingu włącznie. W dużym uproszczeniu cykl życia produktu obejmuje trzy zasadnicze etapy: przygotowanie produkcji, realizację produkcji i użytkowanie.

Szybkość reagowania na zmieniające się potrzeby klientów nabiera w warunkach globalnej konkurencji istotnego znaczenia, co powoduje, iż minimalizacja czasu potrzebnego do wytworzenia nowego produktu, stanowi jeden z istotnych wskaźników decydujących o efektywności ekonomicznej przedsiębiorstw. Aby efektywnie skrócić czas niezbędny do wprowadzenia produktu na rynek, przedsiębiorstwo powinno dążyć m.in. do skrócenia okresów przygotowania i realizacji produkcji. Wymaga to nowego podejścia do budowy systemów wytwarzania, które nie tylko łączy w sobie wysoką wydajność produkcji z elastycznością systemów wytwórczych, ale także oferuje dużą szybkość reagowania na charakterystyczne dla globalnego rynku zmiany wynikające m.in. z coraz wyższego stopnia indywidualizacji wytwarzanych produktów. Istotną cechą takich systemów jest ich zdolność do rekonfiguracji, która daje im możliwość dostosowania się do rosnących potrzeb i wymagań przez zmiany w strukturze systemu wytwarzania oraz w realizowanych w nich procesach.

Koncepcja rekonfigurowalnych systemów wytwarzania RMS (ang. *reconfigurable manufacturing systems*) i jednego z jej składników – rekonfigurowalnych obrabiarek RMT (ang. *reconfigurable machine tools*) zostały opracowane na Uniwersytecie Michigan [6]. Cel powstania RMS podsumować można stwierdzeniem – „dajemy możliwości i funkcjonalność systemom wytwarzania tylko wtedy, kiedy są one potrzebne” [4]. Jedną z istotnych cech systemów rekonfigurowalnych jest to, iż dopuszczają one realizację wielowariantowych procesów wytwórczych oraz pozwalają na sterowanie produkcją bez zastosowania długookresowych okresów planowania, co umożliwia szybkie wprowadzanie nowych zleceń produkcyjnych.

W ramach prowadzonych na Politechnice Krakowskiej prac [1, 7] dotyczących problematyki sterowania systemami wytwarzania, zauważono, iż najlepszym sposobem budowy systemu sterowania rekonfigurowalnego systemu wytwarzania będzie zastosowanie rozproszonego systemu zbudowanego z wykorzystaniem technologii agentowej. W takim przypadku przyjmuje się, iż zasadniczymi elementami systemu sterowania są agenty reprezentujące poszczególne zasoby i urządzenia, np. obrabiarki, roboty, magazyny, pojazdy itp. Podstawową zaletą takiego założenia jest fakt, iż system sterowania tworzą elementy, które można nazwać autonomicznymi. Mają one bowiem najczęściej własne sterowniki i mogą wykonywać określony zbiór czynności wytwórczych samodzielnie lub we współdziałaniu z innymi elementami. Inną zaletą takiego podejścia jest traktowanie czynności wytwórczych (za których realizację odpowiedzialne są poszczególne zasoby) jako czynności, które wykorzystywane są podczas projektowania procesów wytwórczych już w trakcie przygotowania produkcji. Umożliwia to prostą i przejrzystą analizę zachowań systemu oraz integrację przygotowania produkcji z realizacją produkcji.

## 2. Procesy przygotowania i realizacji produkcji

W tradycyjnych systemach wytwarzania przygotowanie oraz realizacja produkcji, dwa następujące po sobie etapy cyklu życia produktu, wykonywane były w sposób sekwencyjny – jeden po drugim, czyli według schematu „zakończ jeden etap aby rozpocząć kolejny”. W systemach wytwarzania nowej generacji etapy przygotowania produkcji i jej realizacji muszą być zintegrowane informacyjnie oraz organizacyjnie, a pewne elementy działań powinny być realizowane współbieżnie. Wymagane jest zatem dopa-

sowanie struktur danych oraz opracowanie mechanizmów wymiany informacji między systemami i procesami istniejącymi w integrowanych etapach cyklu życia produktu.

Proponuje się zatem, aby głównym elementem integrującym przygotowanie produkcji i jej realizację była struktura wielowariantowego procesu wytwórczego obejmująca zadania technologiczne oraz zadania przepływu i magazynowania materiałów. Każdy z możliwych do realizacji procesów wytwórczych w rozpatrywanym systemie wytwarzania, obejmował będzie sekwencję różnorodnych działań, takich jak: zmiana stanu produktu (np. obróbka pomiar, mycie), transport, manipulacja oraz magazynowanie.

W trakcie przygotowania produkcji istnieje zazwyczaj wiele potencjalnych wariantów prowadzących do wytworzenia gotowego produktu. Jest to ważna i pożądana cecha charakteryzująca systemy rekonfigurowalne, zwiększająca ich odporność na zakłócenia wynikające z występujących awarii, czy też napływających losowo zleceń produkcyjnych. Jednym z zadań przygotowania produkcji jest opracowanie odpowiednich danych dla systemu sterowania wytwarzaniem. Realizacja produkcji musi uwzględniać nie tylko kolejność czynności wytwórczych, ale także stan przedmiotów oraz zasoby biorące udział w wykonywanych czynnościach. Zasadnicze elementy tego zadania realizowane są w ramach projektowania procesów technologicznych [2, 3].

Rezultatem zadania projektowania procesów technologicznych, wykonywanego w ramach przygotowania produkcji, jest zbiór niezbędnych operacji wraz z żądaną kolejnością ich realizacji. Operacje te powodują zmianę kształtu, wymiarów oraz właściwości wytwarzanych produktów. Procesy technologiczne mogą różnić się strukturą – składać się z różnej liczby operacji technologicznych. Każda operacja w procesie technologicznym może być zazwyczaj wykonana w wielu wariantach wynikających z zastosowania różnych obrabiarek, struktur operacji w zakresie ustawień, pozycji i zabiegów, sekwencji zabiegów, czy też parametrów obróbki, np. w zależności od dobrego narzędzia. W efekcie wyboru różnych wariantów struktury operacji (ustawienia, pozycje, zabiegi) oraz oprzyrządowania, otrzymujemy warianty czynności wytwórczej różniące się kosztem i czasem wykonania przy utrzymaniu przyjętych wymagań jakościowych. Z punktu widzenia przygotowania produkcji i sterowania wytwarzaniem operacja technologiczna, utożsamiana z czynnością wytwórczą zmieniająca stan [5], jest najważniejszym elementem, stanowiącym zadanie (zależne i niepodzielne) realizowane na stanowisku wytwórczym.

Opracowane procesy technologiczne są procesami podstawowymi. Wraz z nimi muszą znaleźć się w projektowanym procesie wytwórczym również działania odpowiedzialne za realizację procesów pomocniczych, gdyż są one niezbędne dla sprawnej realizacji procesów podstawowych. Dlatego wymagane jest podjęcie działań, w których sekwencja operacji technologicznych zostanie uzupełniona o czynności pomocnicze, co doprowadzi do rozwiązania dającego w efekcie końcowym pełnowartościowy, wielowariantowy proces wytwórczy. Proces ten, będący wynikiem pracy systemu przygotowania produkcji, stanowić będzie jednocześnie podstawę do konfiguracji/rekonfiguracji systemu sterowania wytwarzaniem. Zakłada się, że przyjęty sposób rozwiązania problemu zapewni bezpośrednią wymianę danych między tymi systemami.

Wymagane jest opracowanie formatu zapisu procesu wytwórczego, który będzie przedstawiał sekwencje czynności wytwórczych prowadzących do otrzymania gotowego produktu z wyjściowego półfabrykatu. Wielowariantowy proces wytwórczy obejmuje czynności wytwórcze odpowiadające działaniom: zmieniającym stan produktu, transportowym, manipulacyjnym oraz magazynowania. W proponowanej koncepcji istotne znaczenie ma jednoznaczność przyjętego zapisu, nie budząca wątpliwości interpretacyjnych zarówno w trakcie przygotowania produkcji, jak i sterowania systemem wytwarzania.

### 3. Ujednolicony zapis procesów wytwórczych w formacie XML

W celu integracji informacyjnej dwóch niezależnych zadań, jakimi są projektowanie procesów wytwórczych oraz sterowanie systemem wytwarzania, opracowano format znaczników XML. Za ich pomocą zapisywana jest informacja o wygenerowanym wielowariantowym procesie wytwórczym. Główne założenia do budowy formatu to:

- Czynność zmieniająca stan przedmiotu jest operacją technologiczną realizowaną przez określone zasoby systemowe i ma na celu zmianę kształtu, wymiarów oraz właściwości przedmiotów obrabianych (obróbka, mycie, kontrola jakości itp.). Szczególnym przypadkiem czynności zmieniającej stan jest czynność obróbkowa. Czynność ta oznacza nieprzerwane działanie wykonywane w ramach jednej operacji, jednego ustawienia i na wybranej obrabiarce.
- W przypadku zmiany ustawienia, wykonywane są czynności pomocnicze (manipulacyjne), które muszą być uwzględnione w procesie sterowania.
- Dla każdej z czynności obróbkowej istnieje opracowany program NC.
- Istnieją warianty danej czynności obróbkowej różniące się czasem i kosztem przy zachowaniu przyjętych wymagań jakościowych. Cechą wariantowych czynności obróbkowych jest to, iż stan przedmiotu przed ich rozpoczęciem musi być identyczny. Po zakończeniu tych czynności stan przedmiotu jest również taki sam (ale inny niż przed ich rozpoczęciem).
- Wariant czynności obróbkowej może wynikać ze zmiany obrabiarki na inną lub też zmiany wewnętrznej struktury operacji w przypadku użycia tej samej obrabiarki, przy czym uzyskane różnice czasów i kosztów nie wpływają na przyjęte wymagania jakościowe.
- Wariant czynności transportowej może wynikać ze zmiany środka transportowego, drogi przejazdu lub ze zmiany parametrów, np. średnia prędkość pojazdu wpływająca na czas i koszt wykonania.
- Aby realizacja czynności była możliwa, niezbędne jest spełnienie określonych warunków weryfikowanych na dwóch poziomach. Na poziomie wyższym systemu sterowania (logicznym) weryfikowane są dostępność niezbędnych zasobów oraz ich stan, a na poziomie niższym (lokalnym) weryfikowane są w przypadku czynności obróbkowej warunki dotyczące dostępności oraz stanu narzędzi i niezbędnego oprzyrządowania, oraz dostępność programów NC.

Dalej omówiona zostanie opracowana hierarchiczna struktura dokumentu XML zawierająca opis wielowariantowego procesu wytwórczego. W opisie znaczników XML, części skła-

dowe są reprezentowane przez elementy, które mają znacznik otwierający i zamykający.

```

<process id=... name=... wkpId=...>
  <activity id=... name=... subject=...>
    <previousActivities>
      <activity id=... name=.../>
      ...
    </previousActivities>
    <nextActivities>...</nextActivities>
    <inputConditions>
      <condition>
        <Agent name=... type=resource />
        <jobEntity>
          <Agent name=... type=part state=.../>
          <pallet type=.../>
          </jobEntity>
        </condition>
      <condition>...</condition>
    </inputConditions>
    <outputConditions><condition> ...</condition>
  </outputConditions>
  <auxiliaryConditions>
    <condition>
      <Agent name=... type=resource />
    </condition>
  </auxiliaryConditions>
  <variant cost=... time=...>
    <Resources> ... </Resources>
    <NCPProgram> ... </NCPProgram>
  </variants>
</activity>
<activity>... </activity>
</process>

```

**Rys. 1.** Format zapisu procesu wytwórczego

**Fig. 1.** Format of manufacturing process data

Elementem nadrzędnym jest w przypadku proponowanego formatu proces wytwórczy, który reprezentuje najwyższy poziom w hierarchii. Element `<process>` ma następujące atrybuty:

- *id* – identyfikator procesu,
- *name* – nazwa identyfikująca proces,
- *wkpId* – identyfikator przedmiotu obrabianego, którego proces dotyczy.

Podstawowym elementem składowym procesu jest czynność wytwórcza przedstawiana jako element `<activity>` o następujących atrybutach:

- *name* – nazwa czynności wytwórczej,
- *id* – identyfikator czynności,
- *subject* – opis czynności,

oraz następujące elementy zagnieżdżone:

- *previousActivities* – czynności poprzedzające,
- *nextActivities* – czynności następne,
- *inputConditions* – warunki wejściowe konieczne do realizacji czynności,
- *outputConditions* – warunki wyjściowe otrzymane po zakończeniu czynności,

- *auxiliaryConditions* – pomocnicze zasoby wymagane do realizacji czynności,
- *variants* – warianty realizacji czynności wytwórczej.

Zagnieżdżone elementy `<previousActivities>` oraz `<nextActivities>` nie mają atrybutów, ale zawierają jeden lub więcej elementów `<activity>`. Liczba obowiązkowych atrybutów elementu `<activity>` jest ograniczona do atrybutu *name* oraz *id*. Element `<previousActivities>` grupuje elementy `<activity>` odpowiadające czynnościom, które w procesie poprzedzają bezpośrednio opisywaną czynność. Natomiast element `<nextActivities>` grupuje elementy `<activity>` odpowiadające czynnościom, które w procesie następują bezpośrednio po opisywanej czynności. Obydwa elementy (`<previousActivities>`, `<nextActivities>`) zawierają jeden lub więcej elementów `<activity>`. W przypadku większej ich liczby jest to interpretowane tak, iż poprzedzającą lub kolejną w procesie może być każda z wymienionych czynności (na zasadzie alternatywy). W ten sposób definiowana jest wielowariantowość procesu w aspekcie możliwości realizacji różnych czynności na danym etapie procesu. Przyjęta koncepcja opisu wielowariantowego procesu zakłada, iż pierwsza czynność w procesie nie zawiera elementu `<previousActivities>` oraz analogicznie ostatnia czynność procesu nie zawiera elementu `<nextActivities>`.

Kolejnymi elementami zagnieżdżonymi w znaczniku odpowiadającym czynności wytwórczej są `<inputConditions>` i `<outputConditions>`, które określają odpowiednio warunki wejściowe i wyjściowe. W warunkach tych określa się odpowiednio: zasób, na którym znajduje się przedmiot przed rozpoczęciem czynności; zasób, na którym znajduje się przedmiot po wykonaniu czynności, zasoby pomocnicze oraz typ przedmiotu, a także jego stan przed i po wykonaniu czynności. Każdy z elementów `<inputConditions>` lub `<outputConditions>` zawiera jeden lub więcej elementów `<condition>`. W zapisie warunku – *condition* znajdują się kolejne elementy zagnieżdżone:

- `<agent>` – zasób wykonawczy,
- `<jobEntity>` – szczegóły związane z przedmiotem obrabianym.

Element `<agent>` ma atrybut *type* zdefiniowany jako *resource* i atrybut *name* odpowiadający nazwie zasobu.

Element `<jobEntity>` określa szczegóły dotyczące przedmiotu obrabianego, zawiera elementy zagnieżdżone:

- `<agent>` – przedmiot obrabiany,
- `<pallet>` – typ palety.

Element `<agent>` ma atrybut *type* tym razem zdefiniowany jako *part* oraz atrybuty *name* i *state* określające nazwę i stan przedmiotu. Ten ostatnio wymieniony atrybut, w przypadku warunków wejściowych, określa stan przed rozpoczęciem czynności, zaś ten rozpatrywany w kontekście warunków wyjściowych, definiuje stan przedmiotu po zakończeniu czynności. Element `<jobEntity>` może zawierać także jeden lub więcej elementów `<pallet>`, których atrybut *type* określa dopuszczalny typ lub typy stosowanych w procesie realizacji produkcji palet.

Opcjonalny element zagnieżdżony w czynności wytwórczej `<auxiliaryConditions>` zawiera jeden element `<condition>`, który definiuje dodatkowe (pomocnicze) zasoby wymagane do realizacji czynności, np. dla czynności transportowej może to oznaczać zasób utożsamiany ze środkiem transportu.

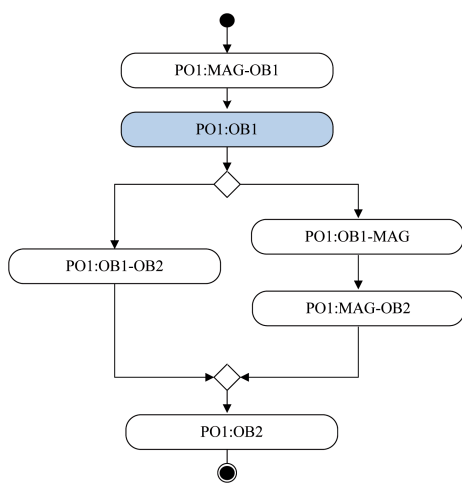
Ostatni element `<variants>` zawiera jeden lub więcej elementów `<variant>`, z których każdy definiuje szczegóły techniczne dla realizowanej czynności, a także szacowany koszt i czas wykonania (atrybuty `cost` i `time`). W ten sposób definiowana jest wielowariantowość na poziomie różnych sposobów (wariantów) realizacji pojedynczej czynności.

Element `<variant>` zawiera następujące obiekty zagnieżdżone:

- `<NCProgram>` – program NC do realizacji czynności (element opcjonalny, np. w czynności transportowej nie występuje),
- `<Resources>` – lista zasobów, koniecznych do realizacji czynności – opracowana dla czynności obróbkowej jako najbardziej typowej.

Element `<Resources>` ze względu na obszerną liczbę znaczników XML został pominięty w przedstawionym opisie. Składa się on z elementów stanowiących listy: zespołów przedmiotowych narzędziowych stałych i zmiennych, narzędzi oraz urządzeń pomiarowych.

Na rys. 2, w postaci diagramu UML, przedstawiono przykładowy fragment procesu wytwórczego, uwzględniający kolejność wykonywanych czynności.



Rys. 2. Diagram UML przebiegu procesu dla fragmentu procesu wytwórczego

Fig. 2. UML diagram of part of a manufacturing process

Przebieg procesu rozpoczyna się od pobrania palety zawierającej przedmioty typu `PO1`, znajdującej się w magazynie międzyoperacyjnym `MAG` a następnie przetransportowaniu jej do obrabiarki `OB1`. Po przetransportowaniu palety na obrabiarkę `OB1` i wykonaniu czynności obróbkowej, paleta z przedmiotami przewożona jest z powrotem do magazynu międzyoperacyjnego `MAG`. Kolejna czynność zakłada transport z magazynu do kolejnej obrabiarki `OB2`. Przebieg procesu umożliwia również realizację wariantu z bezpośrednim transportem między obrabiarkami `OB1` i `OB2`.

```

<activity name="PO1:OB1">
  <previousActivities>
    <activity name="PO1:MAG-OB1"/>
  </previous Activities>

```

```

<nextActivities>
  <activity name="PO1:OB1-MAG"/>
  <activity name="PO1:OB1-OB2"/>
</nextActivities>
<inputConditions>
  <condition>
    <agent name="OB1" type="resource"/>
  </condition>
  <condition>
    <agent name="PO1" type="part" state="PBOB1"/>
    <pallet type="pa01"/>
  </condition>
</inputConditions>
<outputConditions>
  <condition>
    <agent name="OB1" type="resource"/>
  </condition>
  <condition>
    <agent name="PO1" type="part" state="PAOB1"/>
    <pallet type="pa01"/>
  </condition>
</outputConditions>
<variants>
  <variant name="v01" cost="150.0" time="2.531">
    <ncProgram>
      <link id="1" name="program.nc" link="http://12.12.12.12/SO2/nc5"/>
    </ncProgram>
  </variant>
  <variant name="v02" cost="130.0" time="4.531">
    <ncProgram>
      <link id="2" name="program.nc" link="http://12.12.12.12/SO2/nc6"/>
    </ncProgram>
  </variant>
</variants>
</activity>

```

Rys. 3. Zapis czynności obróbkowej

Fig. 3. Notation of machining activity

Jako przykład zastosowania formatu przedstawiono zapis czynności `PO1:OB1` z przykładowego procesu wytwórczego. Informacje zawarte w powyższym przykładzie, dotyczą czynności poprzedzających `<previousActivities>` i kolejnych `<nextActivities>` względem czynności definiowanej, warunków wejściowych `<inputCondition>` i wyjściowych `<outputConditions>` oraz wariantów realizacji czynności. Czynnością poprzedzającą względem zdefiniowanej jest czynność transportowa `PO1:MAG-OB1`, która odpowiedzialna jest za dostarczenie przedmiotu `PO1` z magazynu `MAG` do obrabiarki `OB1`. Rozpatrując przykład, można zauważyć, że wielowariantowość pojawia się na etapie wyboru możliwej do wykonania czynności po zakończeniu realizacji czynności `PO:OB1`. Wielowariantowość ujęta jest tu w definicji elementu `<nextActivities>`, co należy interpretować, że po zakończeniu realizacji czynności definiowanej można rozpocząć albo czynność `PO1:OB1-MAG` (transport do magazynu) albo czynność `PO1:OB1-OB2`

(transport bezpośrednio do obrabiarki OB2). Aby definowana czynność mogła być wykonywana, muszą być spełnione warunki wejściowe, które określają potrzebne zasoby: dostępna obrabiarka OB1 oraz przedmiot PO1 znajdujący się w stanie PAOB1 i umieszczony na palecie typu pa01. Warunek wyjściowy określa z kolei, w jakim stanie znajdzie się przedmiot PO1 po wykonaniu czynności. Istotne znaczenie w zapisie czynności obróbkowej posiada element <variants>, w którym określony jest zbiór wariantów realizacji definowanej czynności wraz z takimi parametrami, jak czas trwania danego wariantu czynności oraz jego umowny koszt. Jest to inny sposób wariantowania czynności wytwórczej (na poziomie operacji), który w odróżnieniu od omówionego wcześniej, związany jest z kolejnością operacji wynikających z wykorzystania różnych typów zasobów lub też zasobów zwielokrotnionych. W przykładzie pominięto elementy dotyczące stosowanych narzędzi, wskazano jednak, że będą używane różne programy NC wykorzystywane do sterowania działaniem obrabiarki.

Opracowany format zapisu procesu wytwórczego może okazać się przydatny do rozwiązywania wielu problemów występujących m.in. w rekonfiguracji systemu sterowania oraz w procesie optymalizacji planowania procesów produkcyjnych. Zaproponowane rozwiązanie jest ważnym elementem służącym do integracji przygotowania i realizacji produkcji. Sposób budowy opracowanego formatu zapisu procesu wytwórczego sprawia, że jest on otwartym i skalowalnym rozwiązaniem, mogącym rozszerzać się w kierunku różnych ontologii, bez uszczerbku dla własnej spójności.

## 4. Podsumowanie

Jednym z preferowanych obecnie kierunków rozwoju systemów wytwarzania jest wzrost integracji procesów w nich zachodzących, w celu usprawnienia i skrócenia czasu wprowadzenia nowego produktu na rynek. Ważnym krokiem w kierunku wdrażania nowych koncepcji jest zastosowanie rekonfigurowalnych systemów wytwarzania, w których brak jest zasadniczych ograniczeń w obszarze wymiany informacji między różnymi obszarami procesu produkcji, jakimi są jej *przygotowanie* lub *realizacja*. Sterowanie systemem RMS ma charakter modułowy i budowane jest zazwyczaj przy wykorzystaniu systemów wieloagentowych. Dzięki temu, w przeciwieństwie do systemów wytwarzania budowanych w oparciu o inne koncepcje, nie ma on zamkniętej struktury sprzętowej i programowej. Pozwala to w większym stopniu na dostosowywanie jego funkcjonalności i wydajności do potrzeb rynku, w porównaniu do systemów wytwarzania dominujących aktualnie w przemyśle.

## Bibliografia

1. Chwajol G., *Rozproszone sterowanie systemami wytwarzania z wykorzystaniem technologii internetowych*, Praca doktorska, Politechnika Krakowska, Kraków 2009.
2. Duda J., *Wspomagane komputerowo generowanie procesu obróbki w technologii mechanicznej*, Kraków 2003.
3. Feld M., *Projektowanie i automatyzacja procesów technologicznych części maszyn*, Podręczniki akademickie, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1994.

4. Hoda A., El Maraghy, *Changeable and Reconfigurable Manufacturing Systems*, Springer Series in Advanced Manufacturing 2009.
5. Kmiecik A., Zając J., *Integracja operacji technologicznych i transportowych w rekonfigurowalnych systemach wytwarzania*. „Technika Transportu Szynowego”, Vol. 9/2012, 2545–2552.
6. Koren Y., Heisel U., Jovane F., Moriwaki T., Pritschow G., Ulsoy G., Van Brussel H., *Reconfigurable Manufacturing Systems*. Annals of the CIRP, Vol. 48/2, 1999, 520–527.
7. Zając J., *Rozproszone sterowanie zautomatyzowanymi systemami wytwarzania*, Seria Mechanika. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Monografia Kraków, 2003. ■

## An approach to information integration of production preparation and production execution

**Abstract:** The article relates to process of information integration for preparation and execution of production. A hierarchical description of alternative manufacturing processes using XML is proposed. This concept presents open and scalable solution resulting from construction of applied data format. This makes it suitable for direct use in distributed, multi-agent manufacturing control systems that allow the construction of reconfigurable manufacturing systems. These systems meet today's challenges focused on the individualization of manufactured products.

**Keywords:** information integration, reconfigurable manufacturing system, XML

Artykuł recenzowany; nadesłany 21.11.2013 r., przyjęty do druku 13.01.2014 r.

### prof. nzw. dr hab. inż. Jerzy Zając

Pracuje na stanowisku profesora Politechniki Krakowskiej na Wydziale Mechanicznym. Jest kierownikiem Zakładu Zautomatyzowanych Systemów Produkcyjnych w Instytucie Technologii Maszyn i Automatyzacji Produkcji. Pełni funkcję zastępcy dyrektora instytutu ds. naukowo-badawczych. Jest opiekunem kierunku Automatyka i Robotyka. Jego zainteresowania badawcze koncentrują się na zagadnieniach automatyzacji i sterowania systemami produkcyjnymi oraz robotyki podwodnej.

e-mail: [zajac@mech.pk.edu.pl](mailto:zajac@mech.pk.edu.pl)



### mgr inż. Adam Kmiecik

Ukończył studia magisterskie na Politechnice Krakowskiej, Wydział Mechaniczny, kierunek: Automatyka i robotyka oraz studia doktoranckie na Politechnice Krakowskiej, Wydział Mechaniczny, kierunek Budowa i eksploatacja maszyn. Aktualnie finalizuje pracę doktorską. Jego zainteresowania badawcze koncentrują się na zagadnieniu integracji informacji w systemach produkcyjnych.

e-mail: [adas@pk.edu.pl](mailto:adas@pk.edu.pl)

