

Wojciech Musiał, Dariusz Skalski
Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Wałczu

Stosowanie nowoczesnych technik komputerowych oraz systemów druku przestrzennego w procesie edukacyjnym i ich wpływ na innowacyjność gospodarki

Streszczenie

W artykule przedstawiono propozycję realizacji projektu adresowanego do młodego pokolenia uczniów i studentów, umożliwiającego intensyfikację nauczania technik komputerowych, jak również nowoczesnych technik prototypowania i odwrotnego prototypowania. Zastosowanie systemów druku przestrzennego już na etapie nauczania gimnazjalnego oraz w szkołach średnich (o profilach technicznych), może przyczynić się do rozwoju postrzegania przestrzennego przedmiotów w interakcji z systemami komputerowego wspomaganie projektowania i rzeczywistości wirtualnej 3D. Celem wdrożenia programu nauczania technik komputerowych oraz umiejętności drukowania 3D, jest podniesienie poziomu technicznego młodzieży przez możliwość realizacji zadań z wykorzystaniem odpowiednich narzędzi informatycznych oraz systemów RapidPrototyping (drukarek 3D), a także inicjowanie za ich pomocą potencjału twórczego w przyszłym życiu zawodowym. Artykuł ma charakter koncepcyjny.

Słowa kluczowe: techniki prototypowania, innowacje, drukarki 3D, systemy komputerowe.

Kody JEL: M11, M10, C88, A12

Wstęp

Analizując współczesne tendencje w rozwoju systemów informatycznych oraz możliwości technologiczne w projektowaniu i wytwarzaniu w szeroko rozumianych procesach produkcyjnych, można stwierdzić, że coraz ważniejszą pozycję zajmują techniki prototypowania umożliwiające wykonywanie nie tylko modeli i prototypów w skali, ale również gotowych w pełni użytkowych produktów i wyrobów spełniających wszelkie wymogi bezpiecznego i długoterminowego użytkowania (Grzesik 1997, s. 37-57; Perzycka 2008; Perzycka 2010b).

W artykule przedstawiono zarys kompleksowego projektu edukacyjnego, umożliwiającego synergię jednostek edukacyjnych z firmami oraz przedsiębiorstwami, w celu wdrożenia do szkół procesu dydaktycznego opartego na systemach druku 3D. Autorzy projektu spodziewają się, że realizacja poszczególnych zadań zawartych w projekcie przyczyni się do podniesienia atrakcyjności studiowania kierunków technicznych, a młodzieży interesującej się pedagogiką, marketingiem oraz zarządzaniem umożliwi lepsze zrozumienie współ-

czesnych metod opracowywania wyrobów na etapie ich projektowania i wprowadzania do produkcji. Celem nadrzędnym i długoterminowym jest w związku z tym zwiększenie potencjału intelektualnego przyszłych wynalazców, inżynierów, specjalistów od marketingu i zarządzania. Nauka przez zabawę i tworzenie własnych projektów (od prostych konstrukcji 3D po zaawansowane mechanizmy i urządzenia), może zwiększyć percepcję i chęć uczestniczenia w tworzeniu własnych autorskich projektów, za które młodzież może i powinna brać odpowiedzialność zarówno na etapie projektowania, jak i wykonywania (drukowania) oraz użytkowania. Dzięki temu możliwe będzie wprowadzanie przez nich poprawek i innowacji w ich własnych projektach. Będą mogli w pełni uczestniczyć (w swoistym sprzężeniu zwrotnym) w procesie tworzenia optymalnych rozwiązań projektowych i konstruktorskich opracowując własne projekty.

Rozwój systemów drukowania przestrzennego oraz pozostałych technik prototypowania

Pierwsze modele przestrzenne wykonane techniką zwaną stereolitograficzną powstały już w 1984 roku (por. rysunek 1). Wynalazek wykorzystujący tę technikę prototypowania przestrzennego został opatentowany w roku 1986, a także w tym samym roku została założona znana do dziś firma 3D Systems. W końcu lat 80. wyrażenie „druk 3D” nie było używane, ponieważ firma 3D Systems skupiła się na rozwoju aparatów stereolitograficznych. Dopiero w roku 1988 zostało skonstruowane urządzenie o nazwie SLA – 250, które zostało określone mianem pierwszej drukarki 3D. Technika drukowania trójwymiarowego została opatentowana w roku 1993. Patent ten rok później został wykupiony przez założycieli firmy Z Corporation, mającej na celu produkcję urządzeń do druku trójwymiarowego.

Rysunek 1

Pierwsza drukarka 3D



Źródło: <http://gadgetomania.pl/2011/03/23/drukarki-3d> [dostęp: 12.02.2014}.

Firma 3D Systems w tym czasie pracowała nad nową technologią SLS (modelowanie przy użyciu lasera o wysokiej mocy) (por. rysunek 2). Kolejnym etapem rozwoju druku trójwymiarowego było pojawienie się w roku 1989 metody FDM (modelowanie ciekłym tworzywem sztucznym). Przełomowy był rok 1996, kiedy pierwszy raz użyto terminu „druk 3D”, a trzy największe firmy skonstruowały maszyny stanowiące wzorowe rozwiązania techniczne i technologiczne dla maszyn drukujących techniką 3D.

Rysunek 2

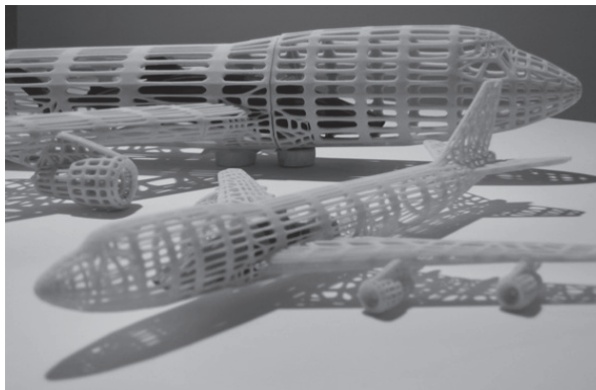
Actua 2100



Źródło: jak w rysunku 1.

Rysunek 3

Modele wykonane na Spectrum Z510



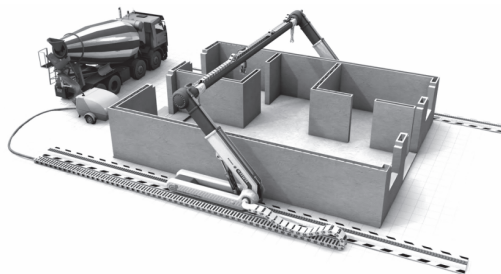
Źródło: jak w rysunku 1.

Firma Z Corporation w roku 2005 skonstruowała pierwszą drukarkę kolorową do drukowania modeli o wysokiej rozdzielczości o nazwie Spectrum Z510 (por. rysunek 3).

Obecnie produkuje się drukarki umożliwiające wykonywanie obiektów wielkogabarytowych, np. do produkcji domów (por. rysunek. 4).

Rysunek 4

Drukarki 3D do drukowania domów mieszkalnych



Źródło: jak w rysunku 1.

Coraz częściej stosuje się drukowanie przestrzenne również w medycynie do wykonywania implantów, w tym ubytków kości czaszki lub w chirurgii plastycznej. Innym zastosowaniem drukarek 3D jest realizacja procesów produkcyjnych w odniesieniu do modeli wykonywanych z metali i stopów trudnoskrawalnych, np. tytanu. Stopy tytanu są jednymi z najlepszych materiałów do produkcji ram rowerowych. Niestety, konstrukcje tworzone w tradycyjny sposób są dość drogie, ze względu na obróbkę. Dzięki technologii druku 3D można zmniejszyć ilość odpadów, a przez to cenę. Współpraca dwóch brytyjskich firm – Renishaw oraz EmpireCycles przyniosła spodziewane efekty w postaci pierwszej na świecie wyczynowej ramy rowerowej ze stopu tytanu, wydrukowanej w 3D, która jest o 1/3 lżejsza niż tradycyjne, aluminiowe ramy (por. rysunek 5)¹. Obecnie możliwe jest wykonywanie elementów ram rowerowych techniką druku 3D².

Ze względu na plastyczność, bardzo dużą wytrzymałość mechaniczną i twardość obrabianego materiału, do realizacji obróbki skrawaniem trzeba stosować specjalistyczne, drogie narzędzia, które łatwo ulegają zalepieniu w trakcie obróbki. Ze względu na reaktywność z tlenem, elementy tytanowe spawane są w osłonie gazów obojętnych (np. w argonie), co znacznie podnosi koszty produkcji. Redukcję wydatków może zapewnić technika druku 3D. Jest ona korzystna finansowo, gdyż umożliwia zmniejszenie ilości materiału, w porównaniu do tradycyjnych ubytkowych metod produkcji (por. rysunek 6)³ (Weiss, Chlebus, Knosala 1997, s. 512).

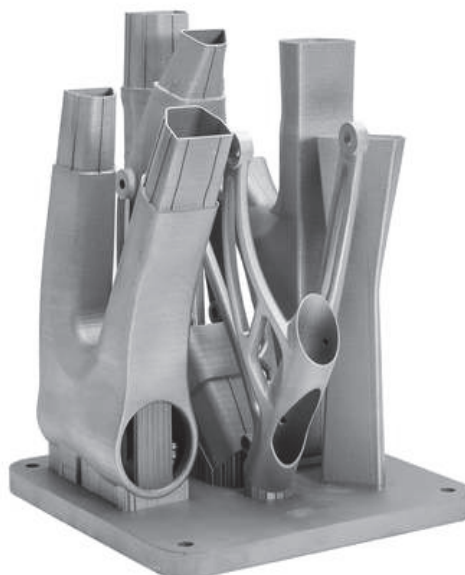
¹ <http://www.renishaw.com/en/first-metal-3d-printed-bicycle-frame-manufactured-by-renishaw-for-empire-cycles-24154>; <http://www.gizmag.com/3d-printed-titanium-bicycle-frame/30760/>; <http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=1728> [dostęp: 12.02.2014].

² <http://www.renishaw.com/en/am250-laser-melting-machine-15253> [dostęp: 12.02.2014] (Bike Arc Modular Bike Park System by Richard Masoner, flickr.com, CC BY-SA 2.0).

³ <http://www.geeky-gadgets.com/worlds-first-titanium-alloy-3d-printed-bike-frame-10-02-2014/>; <http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=1728> [dostęp: 12.02.2014].

Rysunek 5**Ramy rowerowe drukowane w 3D**

Źródło: Bike Arc Modular Bike Park System by Richard Masoner, flickr.com, CC BY-SA 2.0.

Rysunek 6**Tytanowe elementy ramy wydrukowane w procesie laserowego spiekania proszku**

Źródło: <http://www.geeky-gadgets.com/worlds-first-titanium-alloy-3d-printed-bike-frame> [dostęp: 12.02.2014].

Cel realizacji projektu i jego zakres

Celem realizowanego projektu jest opracowanie metod intensyfikacji poznawczej młodego pokolenia przez zastosowanie narzędzi informatycznych, jak również nowoczesnych technik prototypowania i odwrotnego prototypowania (w zakresie gotowego modelu 3D). Wykorzystanie drukarek 3D może zwiększyć możliwości edukacyjne w nauce współczesnych technik komputerowego wspomaganie projektowania, szczególnie systemów CAD w zakresie modelowania bryłowego, a dla studentów i uczniów starszych klas profilowanych szkół średnich, również powierzchniowego i hybrydowego. Zwiększenie umiejętności i wiedzy w stosowaniu specjalistycznego oprogramowania umożliwiającego ustawienie parametrów drukowania, a w konsekwencji posługiwanie się drukarką w celu uzyskania zamierzonego i wcześniej zaprojektowanego modelu (por. rysunek 7).

Rysunek 7

Sposób realizacji druku przestrzennego z wykorzystaniem mini drukarek 3D



Źródło: opracowanie własne.

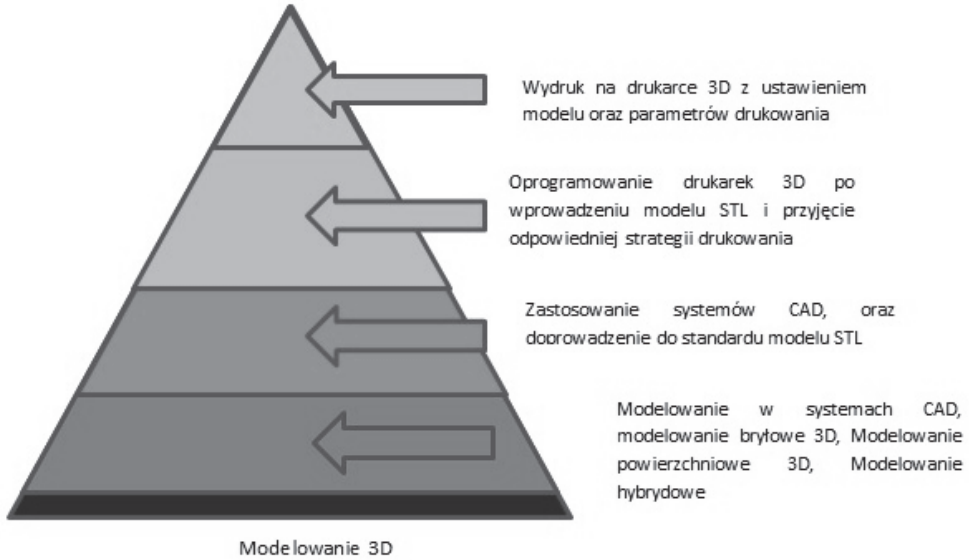
Sposób realizacji

Na rysunku 8 przedstawiono piramidę czynności prezentującą możliwość uzyskania modelu przestrzennego na drukarce 3D (poszczególne pasma piramidy prezentują rzeczywiste umiejętności i czynności konieczne do wykonania modelu na drukarce 3D).

Program nauczania powinien obejmować aspekty posługiwanie się oprogramowaniem CAD/CAM, umiejętność opracowania modeli 3D oraz modyfikację i dostosowanie opracowanych modeli do standardów zapisu drukarek 3D (STL). Również ważne są umiejętności obsługi drukarki (czyszczenie strefy roboczej, zmiana wkładów oraz procedury włączenia i wyłączenia drukarek 3D, podgrzewanie i studzenie strefy druku w zależności od zastosowanej techniki drukowania itp.). W ramach przedmiotowego projektu, planuje się wyposażenie wybranych szkół i uczelni wyższych oraz firm w drukarki 3D oraz oprogramowanie i niezbędną bazę informatyczną (sprzęt komputerowy), niezbędną przy wdrażaniu tego typu programu edukacyjnego. Zakłada się ponadto jego użyteczny charakter, bowiem stanowić on może perspektywiczną propozycję dla Ministerstwa Edukacji Narodowej, jako program o charakterze ogólnopolskim, który przyczyniając się do zwiększenia innowacyjności kształcenia, będzie jednocześnie implikował stopień zaawansowania technologicznego polskich firm; obecnie Polska znajduje się stosunkowo nisko w rankingu innowacyjności na tle państw europejskich (por. wykres 1).

Rysunek 8

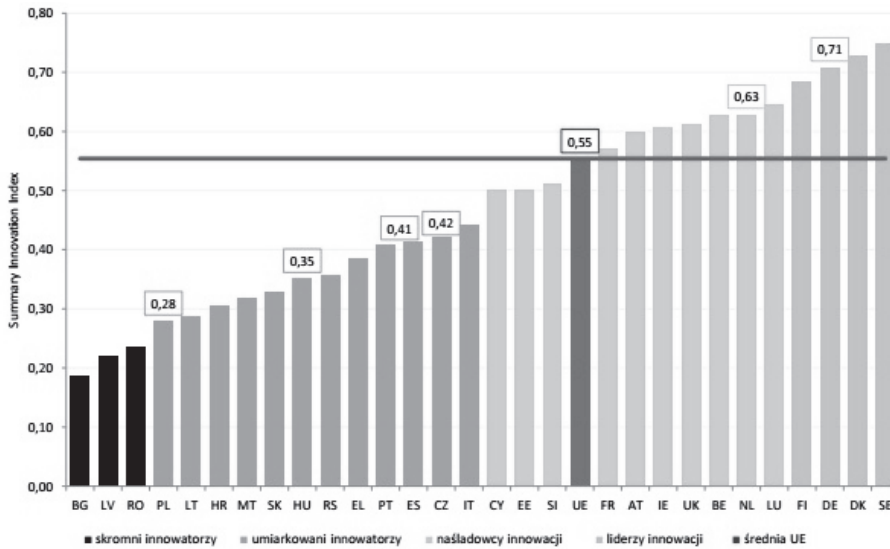
Czynności konieczne do wykonania wydruku 3D



Źródło: jak w rysunku 7.

Wykres 1

Ranking Summary Innovation Index (SII) Innovation Union



Źródło: opracowanie na podstawie: EC „Innovation Union Scoreboard” (2014).

Spodziewanym efektem długoterminowym proponowanego projektu jest możliwość zwiększenia potencjału innowacyjnego przyszłych inżynierów oraz projektantów. Autorzy projektu spodziewają się, że może on w pewnej programowalnej perspektywie podnieść się po wdrożeniu tego typu projektów. Dlatego aby to zmienić, autorzy artykułu proponują wdrożyć do szkół wyższych oraz ponadgimnazjalnych możliwości stosowania drukarek 3D, wraz z konieczną infrastrukturą i oprogramowaniem oraz możliwością weryfikacji opracowywanych pod nadzorem nauczycieli i pracowników naukowych, a także wytypowanych pracowników firm produkcyjnych, odpowiednio przygotowanych modeli 3D. Proponowane jest wykonanie programu pilotażowego w regionie wałęckim, charakteryzującym się stosunkowo pręźnie działającym przemysłem zrzeszonym w klastrze Metalika. Jednocześnie region ten jest oddalony od dużych ośrodków akademickich i przemysłowych o ponad 100 km. To determinuje ciągle utrzymujący się stosunkowo wysoki odsetek bezrobocia i niskie dochody ludności. Dzięki możliwości wdrożenia programu polegającego na wyposażeniu w minidrukarki 3D szkół oraz PWSZ w Wałczu, a także wybranych firm produkcyjnych w okręgu wałęckim, możliwe będzie zintensyfikowanie zainteresowania młodzieży studium kierunków technicznych.

Praca z wykorzystaniem systemów komputerowego wspomaganie projektowania CAD i nauka sposobów projektowania, a w konsekwencji możliwość weryfikacji swoich pomysłów w postaci drukowania modeli na drukarkach 3D, może przyczynić się do rozwijania wyobraźni przestrzennej przyszłych inżynierów. Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Wałczu mogłaby zrealizować długofalowy program badawczy opisując, jak inwestycje w specjalizacje inteligentne na etapie nauki, zarówno w szkołach podstawowych, jak i ponadgimnazjalnych oraz studiach I stopnia, przyczyniają się do generowania nowych miejsc pracy (zakładania firm), a także zwiększenia liczby wdrożeń i rozwiązań patentowych. Program pozwalający na wdrożenie drukarek 3D może stanowić kolejny etap informatyzacji kraju i budowy społeczeństwa informacyjnego.

W pierwszym etapie zakłada się, aby uczniowie szkół podstawowych i gimnazjalistów stosowali program projektowania konstrukcji, przypominający systemy klocków lego. W tym systemie można budować pojazdy, roboty, wizje architektoniczne. Dla starszych uczniów mogą to być modele bardziej zaawansowane, odpowiednio zaprojektowane, a następnie drukowane jako komponenty, np. do gier planszowych. Przy zastosowaniu odpowiedniej techniki drukowania, możliwe będzie również zastosowanie stosunkowo wytrzymałych tworzyw (np. ABS). Młodzież razem z wytypowanymi firmami produkcyjnymi może rozwijać zamiłowania modelarskie, a nawet opracowywać modele użytkowe realizując praktyki w wybranych firmach, rozwijając pasję projektowania.

Mierzalne parametry projektu:

- liczba uczniów wybierająca uczelnie o profilu technicznym (z populacji objętej projektem w stosunku do wcześniejszych okresów);
- liczba projektów wykonanych przez uczniów i studentów objętych projektem;
- liczba wzorów i rozwiązań patentowych w długoterminowej analizie (od 5 do 10 lat monitorowanie kariery obecnych uczniów, studentów i pracowników);
- liczba miejsc pracy generowana przez osoby biorące udział w projekcie;
- rozwój zawodowy (pełnione funkcje, zajmowane stanowiska przez uczestników projektu).

Przykładowe zadania wytypowane do realizacji projektu:

Zadanie 1. Identyfikacja zapotrzebowania na kompetencje „projektowanie” w Kłastrze Metalika

Celem zadania jest identyfikacja zapotrzebowania na kompetencje *projektowanie* wśród przedsiębiorców współpracujących w ramach Klastra Metalowego Metalika. W trakcie badania zostaną zidentyfikowane te narzędzia, które są wykorzystywane przy tworzeniu projektów produkowanych wyrobów, zbadana zostanie kadra inżynierska projektująca maszyny i urządzenia. Rezultatem zadania winna stać się zweryfikowana wiedza dotycząca zapotrzebowania na pracowników posiadających kompetencje „projektowanie” wśród przedsiębiorców współpracujących w ramach Klastra, zrealizowana poprzez przygotowanie odpowiednich ankiet, przeprowadzenie badań, opracowanie wyników, propozycji wytycznych do zadań projektowych.

Zadanie 2. Analiza programów szkolenia w zakresie kompetencji „projektowanie” na poziomie gimnazjalnym, ponadgimnazjalnym oraz wyższym

Celem zadania jest analiza programów szkolenia w zakresie kompetencji „projektowanie” zarówno w wytypowanych technikach, jak i w PWSZ w Wałczu. W wyniku analizy zostaną zidentyfikowane umiejętności, które uczeń nabywa w ramach kształcenia dla badanej kompetencji. Integralnym elementem będzie więc analiza oraz audyt rzeczywistego sposobu realizacji programów szkolenia; pozwolą one ostatecznie na zweryfikowanie wiedzy dotyczącej sposobu praktycznej realizacji programu nauczania w zakresie kompetencji „projektowanie” na poziomie ponadgimnazjalnym oraz wyższym. Planuje się uzyskanie w tym zadaniu następujących elementów (kamieni milowych): badanie programów szkolenia w wytypowanych technikach, badanie programów szkolenia w PWSZ, audyt realizacji programów szkolenia w wytypowanych technikach, w tym PWSZ.

Zadanie 3. Opracowanie systemu szkolenia wertykalnego dla kompetencji „projektowanie”

Celem zadania jest opracowanie systemu szkolenia modułowego, obejmującego kolejne etapy szkolenia: gimnazjum, szkoła ponadgimnazjalna (kształcąca technika), wyższa szkoła zawodowa (kształcąca inżyniera). Integralnym elementem proponowanego systemu, jest moduł (program) praktyk zawodowych, realizowanych bezpośrednio u przedsiębiorcy. Program szkolenia musi przebiegać przez wszystkie wskazane poziomy szkolenia oraz praktyki zawodowe (wertykalnie). Musi być również spójny, uwzględniający możliwości percepcyjne uczniów oraz zdobytą na poszczególnych poziomach wiedzę. Dla młodzieży gimnazjalnej system szkolenia powinien obejmować naukę modelowania 3D w zakresie modelowania bryłowego. Dla uczniów szkół ponadgimnazjalnych oraz techników profilowanych (szkół technicznych), system powinien obejmować naukę modelowania powierzchniowego, natomiast dla studentów możliwe jest wprowadzenie modelowania powierzchniowego i hybrydowego.

Pilot programu praktyk będzie obejmował wyposażenie uczestników konsorcjum i firmy w profesjonalne drukarki 3D wraz z oprogramowaniem. W ramach pilota wskazane przez

podmioty osoby zostaną przeszkolone w technologii druku 3D. Projekt zakłada, że drukarki 3D, oprócz wykorzystania w ramach prowadzonych praktyk zawodowych, będą służyły prowadzeniu normalnej działalności biznesowej przedsiębiorcy; niewątpliwie pozwoli to na zidentyfikowanie i przetestowanie możliwości implementacji tego typu technologii przez podmioty prowadzące działalność gospodarczą.

Podsumowanie

Celem nadrzędnym i długoterminowym jest zwiększenie potencjału intelektualnego przyszłych wynalazców, inżynierów, specjalistów od marketingu i zarządzania. Nauka przez zabawę i tworzenie własnych projektów (od prostych konstrukcji 3D po zaawansowane mechanizmy i urządzenia), zwiększenie percepcji i chęć uczestniczenia w tworzeniu własnych autorskich projektów, za które młodzież powinna brać odpowiedzialność zarówno na etapie projektowania, jak i wykonywania (drukowania) oraz użytkowania modeli przez siebie wykonanych. Dzięki temu możliwe będzie wprowadzanie przez nich poprawek i innowacji w ich własnych projektach. Będą mogli w pełni uczestniczyć w swoistym sprzężeniu zwrotnym w procesie tworzenia optymalnych rozwiązań projektowych i konstruktorskich, opracowując własne projekty użytkowe. Spodziewane efekty uzyskane w ramach przedmiotowego projektu to:

- zwiększenie atrakcyjności realizacji procesu dydaktycznego przez projektowanie konstrukcji, a następnie zabawa z obiektami 3D powstającymi na drukarkach, np. drukowanie elementów gier planszowych;
- wytworzenie swoistego sprzężenia zwrotnego w populacji młodzieży biorącej udział w projekcie, polegającego na twórczym rozwijaniu wyobraźni i umiejętności realizacji zabawy na obiektach przez nich samych wykonanych. To pozwoli na ich weryfikację i możliwość ciągłego ulepszania narzędzi, którymi będą sami się posługiwać;
- optymalizacja ergonomii oraz własności przedmiotów wykonywanych (stopień skomplikowania realizowanych zadań powinien zwiększać się w zależności od grupy wiekowej, zrealizowanych wcześniej zadań i być dostosowany do poziomu intelektualnego danej populacji);
- współpraca szkół i uczelni wyższych z firmami produkcyjnymi, w celu realizacji praktyk uczniowskich i studenckich oraz wdrażaniu synergii co do wspólnych projektów użytkowych.

Bibliografia

- Chlebus E. (1998), *Integracja technik i narzędzi CAx sposobem na poprawę elastyczności i efektywności produkcji*, zbiór referatów I Konferencji pt. „Komputerowo Zintegrowane Zarządzanie” Zakopane.
- Grzesik W. (1997), *Nowoczesne Systemy wytwórcze*, „Postępy w Technologii Maszyn i Urządzeń”, Vol. 21, nr 2.
- Perzycka E. (2008), *Struktura i dynamika kompetencji informacyjnych nauczyciela w społeczeństwie sieciowym*, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin.
- Perzycka E. (red.) (2010a), *Szkoła jutra (w poszukiwaniu doświadczeń nauczycieli w stosowaniu mediów cyfrowych w szkołach polskich i norweskich)*, Wydawnictwo PrintGroup, Szczecin.

Perzycka E. (red.) (2010b), *Pedagogika informacyjna. Media cyfrowe w teorii i praktyce edukacyjnej*, Volumina.pl Daniel Krzanowski, Szczecin.

Weiss Z., Chlebus E., Knosala R. (1997), *Projektowanie współbieżne wyrobów – Concurrent Engineering*, „Przegląd Mechaniczny”, nr 20.

<http://www.renishaw.com/en/first-metal-3d-printed-bicycle-frame-manufactured-by-renishaw-for-empire-cycles-24154>

<http://www.geeky-gadgets.com/worlds-first-titanium-alloy-3d-printed-bike-frame-10-02-2014/>

<http://www.gizmag.com/3d-printed-titanium-bicycle-frame/30760/>

<http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=1728>

<http://www.renishaw.com/en/am250-laser-melting-machine-15253> [12.02.2014] (Bike Arc Modular Bike Park System by Richard Masoner, flickr.com, CC BY-SA 2.0)

<http://gadgetomania.pl/2011/03/23/drukarki-3d>

Applying New Computer Techniques and Systems of 3D Printing in the Educational Process and Their Impact on Economy's Innovativeness

Summary

In the article, the authors presented their proposal of implementation of the project addressed to the young generation of pupils and students enabling intensification of teaching the computer techniques as well as up-to-date rapid prototyping and reverse prototyping techniques. Application of systems of 3D printing as soon as at the stage of junior secondary schools and at secondary schools (of the technical profiles) may contribute to development of 3D perception of subjects in interaction with the systems of computer-assisted designing and the virtual 3D reality. An aim of implementation of the programme of teaching computer techniques as well as the skills of 3D printing is to raise the technical level of youths through the possibility of accomplishment of tasks with the use of relevant IT tools and systems of rapid prototyping (3D printers) as well as to initiate with the help thereof the creative potential in their future vocational life (Chlebus 1998, p. 51-60; Perzycka 2010). The article is of the conceptual nature.

Key words: rapid prototyping techniques, innovations, 3D printers, computer systems.

JEL codes: M11, M10, C88, A12

Применение современных компьютерных техник и систем трехмерной печати в процессе обучения и их влияние на инновационность экономики

Резюме

В статье представили предложение о выполнении проекта, направляемого молодому поколению учащихся, способствующего интенсификации обучения

компьютерным техникам, а также современным техникам прототипирования и обратного прототипирования. Применение систем трехмерной печати уже на этапе обучения в гимназии и в средней школе (технического профиля) может способствовать развитию трехмерного восприятия предметов в интеракции с системами автоматизированного проектирования и виртуальной трехмерной (3D) действительности. Цель внедрения программы обучения компьютерным техникам, а также умению трехмерной печати – повышение технического уровня молодежи благодаря возможности выполнения заданий с использованием соответствующих информатических инструментов и систем быстрого прототипирования (англ. Rapid Prototyping) (3D-принтеров), а также инициирование с их помощью творческого потенциала в будущей профессиональной жизни (Chlebus 1998, с. 51-60; Perzycka 2010). Статья имеет концептуальный характер.

Ключевые слова: техники быстрого прототипирования, инновации, 3D-принтеры, компьютерные системы.

Коды JEL: M11, M10, C88, A12

Artykuł nadesłany do redakcji w lipcu 2014 r.

© All rights reserved

Afiliacje

dr inż. Wojciech Musiał
Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Wałczu
ul. Bydgoska 50
78-600 Wałcz
tel.: 661 201 823
e-mail: wmusial@vp.pl

dr Dariusz Skalski
Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Wałczu
ul. Bydgoska 50
78-600 Wałcz
tel.: 505 440 073
e-mail: dariusz@pwsz.eu