**Nazwa przedmiotu:**

Integracja projektowania i wytwarzania wspomagane komputerowo

**Koordynator przedmiotu:**

dr inż. Przemysław Siemiński

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia I stopnia

**Program:**

Mechanika Pojazdów i Maszyn Roboczych

**Grupa przedmiotów:**

Specjalnościowe

**Kod przedmiotu:**

1150-MB000-ISP-0207

**Semestr nominalny:**

6 / rok ak. 2021/2022

**Liczba punktów ECTS:**

4

**Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów uczenia się:**

1) Liczba godzin kontaktowych – 48 godz. w tym:
a) wykład – 30 godz.,
b) laboratorium - 15 godz.,
c) konsultacje - 3 godz.,
2) Praca własna studenta – 55 godz. w tym:
a) przygotowywanie się studenta do testów - 10 godz.,
b) bieżące przygotowywanie się studenta do laboratoriów - 10 godz.,
c) studia literaturowe - 15 godz.;
d) praca własna nad przygotowaniem projektu obiektu (mechanizmu) do druku 3D – 20 godz.;
3) RAZEM - 103 godz.

**Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich:**

2 punkty ECTS – liczba godzin kontaktowych – 48 godz., w tym:
a) wykład – 30 godz.,
b) laboratorium – 15 godz.,
c) konsultacje – 3 godz.

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

**Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym:**

2 punkty ECTS – 50 godz., w tym:
a) ćwiczenia laboratoryjne – 15 godz.;
b) bieżące przygotowywanie się studenta do laboratoriów - 10 godz.;
c) praca własna nad przygotowaniem projektu obiektu (mechanizmu) do druku 3D – 15 godz.;
d) przygotowanie drukarki 3D (z technikiem), nadzór nad maszyną prototypującą oraz późniejsza obróbka modelarska wydruku (m.in. oczyszczenie ze struktury podporowej) – 10 godz.;

**Formy zajęć i ich wymiar w semestrze:**

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład:  | 30h |
| Ćwiczenia:  | 0h |
| Laboratorium:  | 15h |
| Projekt:  | 0h |
| Lekcje komputerowe:  | 0h |

**Wymagania wstępne:**

• modelowanie powierzchni w 3D CAD (zaliczone Zaawansowane Modelowanie Geometrycznego – laboratorium),
• wiedza na temat pomiarów obiektów przestrzennych (zaliczony wykład z Metrologii i zamienności),
• wiedza na temat procesów technologicznych (zaliczony wykład z Technologii budowy maszyn).

**Limit liczby studentów:**

28

**Cel przedmiotu:**

Nabycie szerokiej wiedzy z zakresu szybkiego prototypowania, technik przyrostowych (druku 3D), inżynierii odwrotnej i skanowania 3D oraz zastosowania systemów 3D CAD/CAM procesie projektowania i wytwarzania.
Nabycie przez studentów umiejętności:
• przygotowania geometrii siatkowej (tzw. STL) w 3D CAD do drukowania 3D;
• przenoszenia geometrii pomiędzy systemami 3D CAD, CAM i CAE;
• obróbki wyników pomiarów skanowaniem 3D (chmur punktów i siatek trójkątów) oraz rozpinania powierzchni NURBS.

**Treści kształcenia:**

Wykład:
1. Wprowadzenie do metod szybkiego prototypowania ( rapid prototyping) i technik przyrostowych; format STL – jednostki, kolory, materiały, ustawienie odchyłek liniowych i kątowych; formaty AMF. OBJ, PLY, VRML; analiza poprawności STL – MiniMagic.
2. Najstarsza metoda szybkiego prototypowania - stereolitografia (SL) – dot. 3DSystems i Form 1, czyli utwardzanie światłem lasera żywic akrylowych oraz technologia DLP (Digital Light Processing) (3D Systems, EnvisionTec).
3. Szybkie prototypowanie metodą 3DP (ang. 3D Printing), czyli przestrzenny druk w złożu proszkowy, łączony natryskiwanym lepiszczem.
4. Metoda FDM (Fused Deposition Modeling), czyli modelowanie ciekłym tworzywem sztucznym (termoplastycznym) – przegląd materiałów modelowych i podporowych, ich wytrzymałości mechanicznej, chemicznej i termicznej. Maszyny profesjonalne Stratasys Fortus i Dimension.
5. Metoda FDM – technologia FFF - maszyny wywodzące się z projektu RepRap (Priusa, Ultimaker, Makerbot, Zortrax i inne) – przegląd rozwiązań kinematycznych (np. delta) i konstrukcyjnych; FDM z laminowanymi włóknami - MarkForge; bioprinting (EnvisionTec), bio-implant;
6. Otwarte oprogramowanie do maszyn wywodzących się z projektu RepRa: KISSlicer, Slic3r, CURA, Simplify3D, RepetierHost; opis wybranych parametrów KISSlicer.
7. Metoda MJM (Multi Jet Modeling) – dot. 3D Systems i PJM (PolyJet Modeling) – dot. Objet/Stratasys, czyli modelowanie wielostrumieniowe woskami lub żywicami akrylowymi utwardzanymi światłem UV – przegląd materiałów modelowych i podporowych, ich wytrzymałości mechanicznej i termicznej; tzw. materiały cyfrowe w maszynach Connex500 i Connex 3.
8. Metoda LOM (Laminated Object Manufacturing), czyli wytwarzanie obiektów metodą laminowania (Helisys, Solido, Mcor).
9. Metody SLS (Selective Laser Sintering), SLM (Selective Laser Melting), DMLS (Direct Metal Laser Sintering), czyli selektywnego spiekania i stapiania laserowego proszków polimerów i metali (MCP, SLM Solutions, EOS, 3D Systems, Renishaw); EBM (Electron Beam Melting) – Arcam; LENS (Laser Engineered Net Shaping) - Optomec.
10. Przegląd innych metod szybkiego wytwarzania części i narzędzi (m.in. formy silikonowe, metoda „EP 250”, metoda „MCP/TAFA”, metoda „Metal Part Casting”). Porównanie ich do obróbki skrawaniem na obrabiarkach CNC. Porównanie metod „Rapid …” (RM, RP, RT, RM) oraz stosowanych w nich materiałów ze względu na dokładność odwzorowania kształtu względem modelu 3D CAD oraz wytrzymałość modeli i gładkość ich powierzchni.
11. Przegląd parametrycznych systemów 3D CAD, 3D CAM oraz zintegrowanych systemów 3D CAD/CAM/CAE. Sposoby modelowania 3D (swobodne, parametryczne, hybrydowe, bezpośrednie, synchroniczne) oraz skanowanie 3D. Cel tworzenia wirtualnych modeli 3D: analizy technologiczności kształtów, wykorzystanie do programowanie obrabiarek CNC (wycinarek drutowych, tokarek, frezarek). Przegląd sposobów wymiany geometrii 3D pomiędzy systemami CAD i CAM (STEP, IGES, Parasolid, ACIS, VDA).
12. Wprowadzenie do inżynierii odwrotnej. Przegląd metod skanowania 3D białym światłem strukturalnym (Smarttech, GOM, DAVID), ręcznymi (samopozycjonującymi) skanerami laserowymi i optycznymi (HandyScan, Creaform, Artec, 3D Sense), stacjonarnymi skanerami laserowymi (DAVID laerscanmer, Roland, NextEngine, Faro, GOM); CMM.
13. Obróbka chmur punktów i siatek trójkątów w systemach 3D CAD (Mesh3D, ScanTo3D w SolidWorks)
14. Rozpinanie powierzchni NURBS na siatkach trójkątów w systemach 3D CAD (ScanTo3D w SolidWorks, Geomegic Studio/Wrap, Geomagic Design X).
15. Zastosowanie oprogramowania do analizy dokładności odwzorowania geometrii (ScanTo3D, GOM Inspect i Geomagic Qualify/Wrap) do tworzenia barwnych map odchyłek oraz analizy tolerancji kształtu.
Laboratorium:
1. Opracowanie w systemie 3D CAD modelu siatkowego STL do druku 3D oraz przygotowanie kilku wersji modeli warstwowych dla metody FDM w systemie Catalyst EX (ocena wpływu ustawienia modelu na ilość zużycia materiału budulcowego i podporowego, wytrzymałość prototypów i jakość powierzchni).
2. Generowanie programów sterujących dla ekstrudera drukarek 3D typu RepRap w oprogramowaniu 3D CAM – analiza kodu G.
3. Przygotowanie i wykonanie kilku wybranych prototypów na maszynie Prime 3D działającej wg metody FDM/FFF - badanie dokładności, jakości powierzchni i wytrzymałości próbek..
4. Skanowanie 3D modelu redukcyjnego nadwozia przy pomocy systemu pomiarowego ScanBright firmy Smarttech oraz obróbka chmur punktów i siatek trójkątów w Mesh3D.
5. Skanowanie 3D uchwytu anatomicznego przy pomocy systemu pomiarowego ScanBright firmy Smarttech z zastosowaniem stolika obrotowego oraz wyznaczeni osi stolika i późniejsza obróbka w systemie Mesh3D.
6. Rozpinanie automatyczne i sterowane powierzchni NURBS na siatkach trójkątów w module ScanTo3D systemu SolidWorks oraz ocena dokładności odwzorowania geometrii.
7. Wizyta w Laboratorium Rapid Prototyping na Wydziale Inżynierii Produkcji PW z prezentacją maszyny prototypującej w technologii SLS – Formiga P100 firmy EOS i skanera GOM ATOS Comapact Scan.

**Metody oceny:**

Wykład: Zaliczany jest dwoma pisemnymi testami sprawdzającymi wiedzę studentów.
Laboratorium: pod koniec każdych zajęć jest ćwiczenie zaliczające na ocenę. Każdy student robi je osobiście i jak skończy zgłasza prowadzącemu celem ocenienia. Ocena jest wpisywana na listę ocen. Brak pozytywnego zaliczenia można nadrobić przychodząc na inne zajęcia i zaliczając tylko ćwiczenie zaliczające.

**Egzamin:**

nie

**Literatura:**

1. Budzik G., Siemiński P. Techniki przyrostowe. Druk 3D. Drukarki 3D. Wyd. Oficyny PW, Warszawa 2015,
2. Chlebus E.: Techniki komputerowe CAx w inżynierii produkcji. WNT, Warszawa 2000,
3. Kęska P.: SolidWorks 2014. Modelowanie powierzchniowe. Narzędzia do form. Rendering i wizualizacje. Wyd. CADvantage, Warszawa 2014.
4. 3Dcad.pl: Raport Rapid Prototyping & Reverse Engineering, Zestawienia drukarek 3D, materiałów do druku, skanerów 3D i polskich dostawców usług RP i RE, Wydawca 3DCAD.pl, Płock, 2009. (www.calameo.com/books/0000480449feab92ed 4b2).
5. Bis J., Kret M., Płatek P.: Techniki druku 3D – przykłady zastosowań, Prezentacja wygłoszona na Forum ProCAx w 2009 roku pt. (www.procax.org.pl/pliki/wyklad\_2009\_Bis.pdf, www.procax.org.pl/pliki/wyklad\_FDM.pdf).
6. Budzik G., Płocica M.: Metodologia odnowy dziedzictwa kulturalnego z wykorzystaniem innowacyjnych technologii RE i RP. Centrum Naukowo Techniczne, Rzeszów 2007.
7. Chlebus E. (red.): Innowacyjne technologie Rapid Prototyping - Rapid Tooling w rozwoju produktu. Oficyna Wyd. Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2003.
8. Karpiński T.: Inżynieria produkcji. WNT, Warszawa 2007.
9. Kret M.: Drukarki 3D – porównanie. Mechanik nr 11/2010, (polskie opracowanie na podstawie T. A. Grimm & Associates, Inc: 3D Printer Benchmark - North American Edition. (www.tagrimm.com/benchmark-2010).
10. Noorani R.. Rapid prototyping : principles and applications. Wyd. John Wiley & Sons, USA 2006.
11. Siemiński P., Tomczuk M.: Badanie wytrzymałości na rozciąganie próbek wykonywanych wybranymi metodami szybkiego prototypowania. Mechanik nr 2/2013 (www.procax.org.pl/pliki/Artykul\_2012%20Sieminski-tomczuk%20XI%20Forum\_Krakow%20PLAKAT\_47.pdf).
12. Surawski J., Siemiński P.: Szybkie prototypowanie w projektowaniu wzorniczym, Prezentacja na VIII Forum Inżynierskim ProCAx w Sosnowcu w 2009 r., (www.procax.org.pl/pliki/wyklad\_2009\_surawski\_sieminski.pdf).
13. Piękoś J., Dominiak K., Siemiński P.: Zastosowanie bezpłatnych wersji programów do drukowania modeli kości. Mechanik 4/2016, s. 320-321.
14. Siemiński P., Błazucki P., Skawiński P.: Zastosowanie przyrostowej metody FDM/FFF do wytwarzania kół przekładni zębatych. Mechanik 12/2015, s. 173-179.
15. Gzowski Ł., Siemiński P., Grygoruk R., Humienny Z.: Badanie dokładności drukarek 3D poprzez ocenę odchyłek okrągłości i walcowości nowego wyrobu wzorcowego. Mechanik, s. 1902-1903, 12/2016.
16. Piękoś J., Siemiński P., Grygoruk R.: Propozycja metody zwiększania dokładności wymiarowej obiektów wykonywanych technikami przyrostowymi. Mechanik, s. 1910-1911, 12/2016.
17. Derejczyk K., Siemiński P.: Analiza dokładności metod optycznego skanowania 3D. Mechanik 89, s. 312-313, 4/2016.

**Witryna www przedmiotu:**

-

**Uwagi:**

-

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka 1150-MB000-ISP-0207\_W1:**

Student posiada szeroką wiedzę na temat technik przyrostowych SL/DLP, LOM, MJM/PJM i SLS/SLM/DMLS – zna zasady działania maszyn prototypujących i ich zastosowania;

Weryfikacja:

Ocena wykonanego przez studenta zadania w ramach zajęć, test

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** KMiBM\_W19, KMiBM\_W17, KMiBM\_W18, KMiBM\_W20

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka 1150-MB000-ISP-0207\_W2:**

Student posiada wiedzę na temat wpływu orientacji modelu w komorze roboczej maszyny prototypującej w technologii FDM/FFF (ilość struktury podporowej, gładkość ścian, wytrzymałość mechaniczna, czas druku i obróbki modelarskiej, koszty wytwarzania).

Weryfikacja:

Ocena wykonanego przez studenta zadania w ramach zajęć, test

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** KMiBM\_W19, KMiBM\_W17, KMiBM\_W18, KMiBM\_W20

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka 1150-MB000-ISP-0207\_W3:**

Student posiada wiedzę na temat materiałów modelowych (wytrzymałości mechanicznej i termicznej, zastosowaniach, ograniczeniach) stosowanych w technikach przyrostowych SL/DLP, FDM/FFF LOM, MJM/PJM i SLS/SLM/DMLS.

Weryfikacja:

Ocena wykonanego przez studenta zadania w ramach zajęć, test

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** KMiBM\_W19, KMiBM\_W17, KMiBM\_W18, KMiBM\_W20

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka 1150-MB000-ISP-0207\_W4:**

Student posiada wiedzę na temat budowy i zasady działania skanerów 3D oraz modelowania siatek trójkątów z chmur punktów, a z potem uzyskiwania z nich powierzchni NURBS w wybranych systemach 3D CAD.

Weryfikacja:

Ocena wykonanego przez studenta zadania w ramach zajęć

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** KMiBM\_W19, KMiBM\_W17, KMiBM\_W18, KMiBM\_W20

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka 1150-MB000-ISP-0207\_W5:**

Student posiada wiedzę na temat oprogramowania 3D CAD do analizy dokładności odwzorowania geometrii, do tworzenia map odchyłek i analizy tolerancji kształtu

Weryfikacja:

Ocena wykonanego przez studenta zadania w ramach zajęć

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** KMiBM\_W19, KMiBM\_W17, KMiBM\_W18, KMiBM\_W20

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka 1150-MB000-ISP-0207\_U1:**

Student potrafi opracowywać (w danym systemie 3D CAD) siatkę trójkątów STL o zadanych parametrach z modelu bryłowego (i modeli bryłowych) oraz zaprogramować drukarkę 3D w technologii FDM/FFF

Weryfikacja:

Ocena wykonanego przez studenta zadania w ramach zajęć

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** KMiBM\_U15, KMiBM\_U16, KMiBM\_U17, KMiBM\_U18

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka 1150-MB000-ISP-0207\_U2:**

Student potrafi zamodelować (w danym systemie 3D CAD) powierzchnie NURBS na podstawie siatki trójkątów oraz przeprowadzić analizę dokładności odwzorowania geometrii .

Weryfikacja:

Ocena wykonanego przez studenta zadania w ramach zajęć

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** KMiBM\_U15, KMiBM\_U16, KMiBM\_U17, KMiBM\_U18

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka 1150-MB000-ISP-0207\_U3:**

Student potrafi przeprowadzić analizy technologiczności kształtu brył za pomocą narzędzi w danym systemie 3D CAD i 3D CAM oraz umie opracować program obróbki zgrubnej (objętościowej) dla frezowania na obrabiarkach CNC frezami palcowymi.

Weryfikacja:

Ocena wykonanego przez studenta zadania w ramach zajęć

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** KMiBM\_U15, KMiBM\_U16, KMiBM\_U17, KMiBM\_U18

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka 1150-MB000-ISP-0207\_U4:**

Student potrafi zamodelować (w danym systemie 3D CAD) siatkę trójkątów z chmury punktów oraz przeprowadzić analizę dokładności odwzorowania geometrii.

Weryfikacja:

Ocena wykonanego przez studenta zadania w ramach zajęć

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** KMiBM\_U15, KMiBM\_U16, KMiBM\_U17, KMiBM\_U18

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka 1150-MB000-ISP-0207\_U5:**

Student potrafi wykonać pomiar za pomocą optycznego skanera 3D z kilku kierunków i umie połączyć osobne skany w jedną chmurę punktów.

Weryfikacja:

Ocena wykonanego przez studenta zadania w ramach zajęć

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** KMiBM\_U15, KMiBM\_U16, KMiBM\_U17, KMiBM\_U18

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka 1150-MB000-ISP-0207\_K1:**

Umie opracować wskazane zadanie i przedstawić jego wynik prowadzącemu celem wystawienia oceny końcowej danego ćwiczenia.

Weryfikacja:

Ocena wykonanego przez studenta zadania w ramach zajęć

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** KMiBM\_K04

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**