

**Redaktor Wydania:** Krzysztof Piech

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki  
i Inżynierii Biomedycznej, al. A. Mickiewicza 30, Kraków 30-059.

**Skład tekstów i projekt graficzny okładki:** Marcin Kuczera

**Korekty:** Krzysztof Piech, Marcin Kuczera

Opracowanie pt. ZAGADNIENIA AKTUALNIE PORUSZANE PRZEZ MŁODYCH NAUKOWCÓW zawiera recenzowane prace naukowe Młodych Naukowców współpracujących z CreativeTime, którzy wzięli udział w Konferencji Młodych Naukowców nt. DOKONANIA NAUKOWE DOKTORANTÓWI – VI edycja – 14.04.2018 w Warszawie, 15.04.2018 w Poznaniu oraz 21.04.2018 w Krakowie. Skład opracowania wykonano na podstawie dostarczonych przez autorów tekstów. Wszystkie artykuły zostały opublikowane na odpowiedzialność ich autorów. Za treść odpowiadają autorzy poszczególnych tekstów.

ISBN: 978-83-63058-83-8

### **Opracowanie**

Niniejsza książka elektroniczna DVD ma służyć młodym naukowcom. Propagujemy podejmowane działania wśród młodych naukowców, wiedzę, innowacyjne badania oraz rozwój nauki. Nauka musi charakteryzować się ciągłym rozwojem. Dzisiejsi naukowcy korzystają z coraz to nowocześniejszych metod badawczych, prowadzą różnego rodzaju projekty, których efekty w nieodległej przyszłości mają służyć całej społeczności i otaczającemu nas środowisku. Niniejsze opracowanie zawiera zbiór zagadnień prezentujących zainteresowania naukowe młodych adeptów nauki.

### **Młody naukowiec**

Absolwenci studiów drugiego stopnia coraz częściej podejmują decyzję o rozpoczęciu studiów doktoranckich. Decyzja ta często podyktowana jest chęcią pozostania na uczelni w charakterze naukowca i wykładowcy. Niestety po otrzymaniu dyplomu doktora nauk tylko część młodych naukowców pozostanie na uczelni macierzystej. Część młodych doktorów zasili inne uczelnie i jednostki naukowe, a zdecydowana większość rozpocznie kolejny etap swojego życia w instytucjach państwowych i firmach prywatnych. Dlatego też obok realizacji własnych badań naukowych i pisania pracy, doktoranci powinni podjąć wszelkie możliwe działania zmierzające do nawiązania współpracy z firmami prywatnymi, aby realizować dalszą karierę zawodową. Włączanie się doktorantów w różnego rodzaju projekty międzyuczelniane, współpracę w modelu naukowiec-firma, udział we wszelkich konferencjach i szkoleniach o charakterze biznesowo-naukowym zwiększa szanse doktorantów na rozwój naukowy i zawodowy, a przede wszystkim może przynieść upragnioną satysfakcję.

Młodzi naukowcy, którzy pozostali na uczelni wyższej w charakterze często asystenta, adiunkta mają również wiele możliwości nawiązania współpracy ze stale rozwijającym się polskim biznesem. Należy zastanowić się, w jaki sposób przenieść własne dokonania i pomysły naukowe do realizacji w biznesie.

### **Biznes**

Niewątpliwie szansą dla biznesu są innowacje, które niosą ze sobą między innymi młodzi naukowcy. Każdy dobry biznesmen powinien zdać sobie sprawę, że nie ma innowacji bez nowych pomysłów i badań naukowych.

Sami spróbujmy zachęcić właścicieli polskich firm, osoby decyzyjne, menedżerów do nawiązywania współpracy z nami - Młodymi Naukowcami.

### **Wydawca:**

Wydawca: CREATIVETIME, [www.creativetime.pl](http://www.creativetime.pl)

[biuro@creativetime.pl](mailto:biuro@creativetime.pl)

Skrytka Poczтовая nr 92, 30-093 Kraków 23

Nakład 75 egzemplarzy

### **Wydanie ISBN**

## E-PROJEKTOWANIE INTERDYSCYPLINARNE NA PRZYKŁADZIE INŻYNIERII MEDYCZNEJ

Ewa Kozłowska

**Streszczenie:** W obliczu rozwijającej się technologii w wielu dziedzinach życia coraz częściej spotykamy się z pojęciem *współpraca interdyscyplinarna*. Ze względu na cechy charakterystyczne XXI wieku, w tym niestanny brak czasu, życie w ciągłym biegu, szybki rozwój techniczny i technologiczny, wiele spraw załatwia się z wykorzystaniem Internetu, a aspekt czasowy staje się kluczowy, również w projektowaniu urządzeń. Przeniesienie konsultacji do chmury i zastosowanie e-narzędzi w projektowaniu interdyscyplinarnym znajduje zastosowanie także w dziedzinach techniczno-medycznych, a przeprowadzone badania dowiodły, że odpowiednio dobrane narzędzia współpracy usprawniają i przyspieszają proces realizacji interdyscyplinarnych projektów z zakresu inżynierii medycznej.

**Słowa kluczowe:** współpraca interdyscyplinarna, inżynieria medyczna, Moodle, Autodesk

## 1. Wstęp

Gwałtowny rozwój technologii przyczynił się do zaistnienia potrzeby opracowania systemu współpracy, który funkcjonuje nie tylko podczas wprowadzania nowych rozwiązań na rynek, ale dużo wcześniej, już podczas przebiegu procesu projektowania. Podjęcie współpracy jest niezwykle ważnym czynnikiem w projektowaniu nowych rozwiązań technicznych. Szczególnie istotne jest to w przypadku inżynierii medycznej, gdzie kolaboracja inżynierów i lekarzy znacząco wpływa na jakość diagnostyki, rehabilitacji i poprawy jakości życia wielu chorych. Dobry inżynier musi rozumieć korzyści i zagrożenia wynikające ze stosowania technologii w środowisku medycznym. Dobry lekarz, natomiast, zdaje sobie sprawę z roli, jaką spełnia obecność technologii w medycynie i jak istotne jest przeprowadzanie konsultacji zarówno w środowisku medycznym, jak i techniczno-medycznym [Sonnenwald 2014].

Z drugiej strony, kolaboracja stanowi niemałe wyzwanie dla przedstawicieli obu profesji. Próby nawiązania współpracy między środowiskiem inżynieryjnym a medycznym niejednokrotnie wiążą się z wieloma nieporozumieniami, problemami i niedogodnościami wynikającymi z rozbieżności tychże środowisk, które każdy świadomy i odpowiedzialny członek zespołu musi wziąć pod uwagę. Najczęściej problemy te wynikają z braku zrozumienia pomiędzy osobami ze środowisk technicznych i medycznych. Specjaliści z różnych dziedzin inaczej analizują poszczególne problemy i zdarza się, że ze stanowiska jednej dziedziny łatwo przeoczyć coś, co dla drugiej strony będzie kluczowe [Mikołajewska, Mikołajewski 2013].

Badania dowodzą, że sama możliwość prowadzenia konsultacji zwiększa poczucie bezpieczeństwa, pobudza kreatywność i redukuje stres, co pozytywnie wpływa na proces projektowania, a dobra komunikacja w środowisku szpitalnym związana z projektowaniem urządzeń medycznych, wprowadzaniem nowych rozwiązań technologicznych oraz szkoleniem personelu przyczynia się do zwiększenia bezpieczeństwa pacjentów, jak również efektywności leczenia. [Morschauer 2014]. Tworzenie projektów interdyscyplinarnych z zakresu inżynierii medycznej wymaga zatem licznych konsultacji na każdym etapie projektowania, co często wiąże się z długim wyczekiwaniem na szpitalnych korytarzach.

Pojawienie się na rynku licznych informatycznych narzędzi współpracy umożliwia przeniesienie konsultacji do chmury i tym samym zredukowanie komplikacji wynikających z konieczności planowania spotkań. E-projektowanie interdyscyplinarne znajduje zastosowanie także w dziedzinach techniczno-medycznych, a przeprowadzone badania dowiodły, że odpowiednio dobrane narzędzia współpracy usprawniają i przyspieszają proces realizacji interdyscyplinarnych projektów z zakresu inżynierii medycznej [Kozłowska 2017].

## 2. Materiały i metody

Na podstawie obserwacji środowiska szpitalnego i inżynierskiego, przeglądu dostępnych programów do projektowania oraz różnego rodzaju platform wspierających współpracę online wyłonionych zostało kilka narzędzi przeznaczonych do wspomaganie współpracy online, które poddane zostały szczegółowej analizie, wedle której zaproponowano rozwiązanie optymalne dla kolaboratywnego projektowania urządzeń medycznych.

Przy wyborze odpowiedniej platformy warto dokładnie określić specyfikę pracy grupowej i przeważający typ materiałów potrzebnych do realizacji współpracy, a także wziąć pod uwagę czynniki takie jak: poziom umiejętności technicznych użytkowników, umiejętności instruktorów, czynności związane z administracją platformy, prostota obsługi, uniwersalność, koszty utrzymania platformy, bezpieczeństwo i stabilność. W przypadku kolaboratywnego projektowania urządzeń medycznych przez studentów z uczelni technicznych i medycznych warto również wziąć pod uwagę integralność platformy z systemami uczelni, np. e-dziekanatem.

Ponad 62% materiałów udostępnianych na platformach e-learningowych stanowią pliki w formatach .doc, .ppt, .odt, PDF, zaledwie 15% stanowią pliki w formatach audiowizualnych .mp4, .avi czy .wmv. W przypadku współpracy techniczno-medycznej przewidywana jest wymiana plików w formatach CAD-owskich oraz obrazów radiologicznych w formacie DICOM [Kozłowska 2017].

Członkowie grup projektowych pracujący w chmurze mają łatwy dostęp do dokumentów, które mogą wspólnie edytować. Ponadto mogą oni przekazywać niezbędne informacje i komentarze, dokonywać podziału

zadań oraz konsultacji poprzez fora lub wideo czaty z dowolnego miejsca z dostępem do Internetu. Większość narzędzi do pracy w chmurze nie wymaga instalacji specjalistycznego oprogramowania na poszczególnych jednostkach, a pełna funkcjonalność narzędzi dostępna jest z przeglądarki internetowej bez względu na preferowany system operacyjny, a niekiedy także z aplikacji mobilnej [Duffy 2017].

Porównanie cech poszczególnych programów, platform i systemów, a także szczegółowe przeanalizowanie ich pod względem oczekiwań związanych ze współpracą między inżynierami a lekarzami stanowiło podstawę do dokonania wyboru dwóch narzędzi: Autodesk Fusion 360 oraz LMS Moodle. Połączenie wybranych narzędzi umożliwia stworzenie optymalnego środowiska współpracy interdyscyplinarnej inżynierów i lekarzy przy projektowaniu urządzeń medycznych.

Utworzenie interdyscyplinarnej grupy projektowej i przetestowanie wybranego rozwiązania w praktyce stało się możliwe dzięki nawiązaniu współpracy naukowo-biznesowej między przedstawicielami Politechniki Gdańskiej i Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego, a partnerami projektu ERASMUS+ SP4CE (Partnerstwo Strategiczne na rzecz Kreatywności i Przedsiębiorczości), którego celem była poprawa jakości oraz efektywności szkolenia zawodowego oraz podnoszenie jego atrakcyjności i adekwatności, a także zwiększanie kreatywności, innowacyjności, przedsiębiorczości poprzez wymianę nowoczesnych rozwiązań edukacyjnych i opracowanie innowacyjnych narzędzi ułatwiających komunikację i wspólne działania studentów, szkół i organizacji biznesowych [Czaja i in. 2017].

Za sprawą nawiązanego porozumienia powstały tzw. „pokoje nauki” (LR) (ang. Learning Room) na platformie Moodle dedykowanej do pracy nad poszczególnymi projektami grupowymi. Idea współpracy została przedstawiona na poniższym schemacie (ryc. 1).



Ryc. 1. Schemat współpracy PG – GUMed – SP4CE, źródło własne

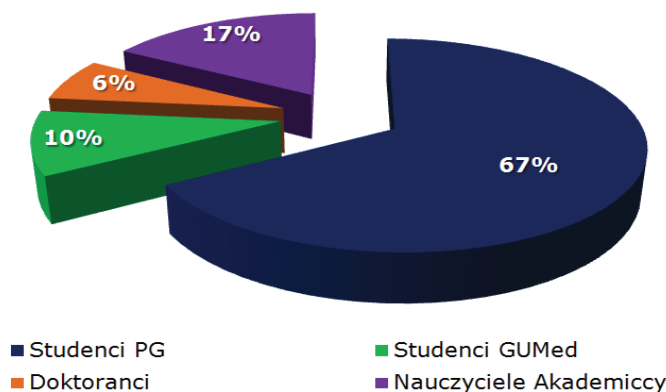
### 3. Wyniki

Nawiązanie międzyuczelnianej współpracy oraz uczestnictwo w projekcie ERASMUS+ SP4CE umożliwiło uruchomienie specjalnej sekcji na platformie Moodle <http://sp4ce.moodle.pl/> przeznaczonej na realizację interdyscyplinarnych projektów studenckich oraz zorganizowanie darmowego szkolenia dla grupy testowej.

Dwudniowe szkolenie z obsługi programu Autodesk Fusion 360 zorganizowane i przeprowadzone z wykorzystaniem platformy LMS Moodle odbyło się w styczniu 2017 roku pod nazwą *DesignNow, Autodesk Fusion 360 Designathon*. Szkolenie cieszyło się zainteresowaniem nie tylko wśród studentów, ale wzięli w nim udział także doktoranci i nauczyciele akademicy. Zestawienie uczestników zostało zobrazowane na ryc. 2. Część dotycząca obsługi programu Autodesk Fusion 360 została podsumowana procesem ewaluacyjnym oraz wystawieniem świadectwa ukończenia kursu wystawionym przez certyfikowanego instruktora Autodesk.

Przeprowadzone warsztaty stanowiły podstawę do utworzenia mniejszych grup projektowych składających się z przedstawicieli Politechniki Gdańskiej i Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego. Studentom zostali przypisani mentorzy spośród nauczycieli akademickich PG/GUMed oraz lokalnych administratorów platformy <http://sp4ce.moodle.pl/>. Poszczególnym grupom zostały przypisane odpowiednie uprawnienia w dedykowanych pokojach nauki.

Wyniki e-współpracy interdyscyplinarnej zostały później opublikowane i/lub zaprezentowane na konferencjach polskich i zagranicznych. Przygotowania do konferencji również odbywały się online z wykorzystaniem platformy Moodle. Łącznie w przeciągu roku wyniki współpracy zostały zaprezentowane na siedemnastu Konferencjach w pięciu krajach europejskich.

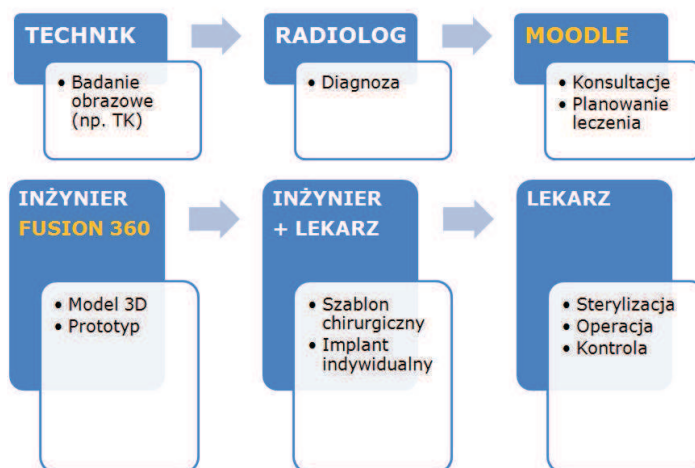


Ryc. 2. Zestawienie uczestników szkolenia *Autodesk Fusion 360 Designathon*, źródło własne

Współpraca z uczelnią medyczną umożliwiła młodym inżynierom poznanie problematyki projektowania implantów indywidualnych w oparciu o badania obrazowe. Współpraca inżynier – lekarz wiąże się z wieloma wyzwaniami i niedogodnościami, a rozbieżność pomiędzy personelem medycznym, a inżynierskim wymaga opracowania szeregu zasad komunikacji. Złote zasady obowiązujące inżynierów współpracujących z lekarzami to przede wszystkim *Primum non nocere* (Po pierwsze nie szkodzić) – poszanowanie priorytetów lekarzy, którzy na pierwszym miejscu są skoncentrowani na pacjentach, nauka podstaw specjalistycznego języka medycznego, możliwe upraszczanie języka inżynierskiego (i odwrotnie) a także wielokrotne upewnianie się, że prawdziwe potrzeby zostały właściwie zrozumiane przed przystąpieniem do procesu projektowania.

Dobry inżynier musi rozumieć korzyści i zagrożenia wynikające ze stosowania technologii w środowisku medycznym. Dobry lekarz natomiast zdaje sobie sprawę z roli, jaką spełnia obecność technologii w medycynie i jak istotne jest przeprowadzanie konsultacji zarówno w środowisku medycznym, jak i techniczno-medycznym [Mikołajewska, Mikołajewski 2013].

Wymiana doświadczeń, udział w sesjach kół naukowych, zaowocowały tym, że podczas licznych konsultacji opracowany został algorytm postępowania w przypadku wykorzystania e-projektowania interdyscyplinarnego w inżynierii medycznej, szczególnie w przypadku kolaboratywnego projektowania implantów indywidualnych. Składa się on z 6 prostych kroków, które zostały przedstawione na ryc. 3.



Ryc. 3. Schemat kolaboratywnego e-projektowania implantu indywidualnego, źródło własne

Postępując zgodnie z opracowanym algorytmem powstał szereg projektów ukierunkowanych na konstruowanie implantów, szczególnie implantów indywidualnych. Przykładem realizacji tego typu projektu może być prototyp implantu żuchwy wykonany przez dwie studentki Inżynierii Mechaniczno-Medycznej (PG) we współpracy ze studentką kierunku Lekarsko-Dentystyczny (GUMed) w ramach pracy dyplomowej *Projekt i dobór materiału na implant żuchwy po resekcji kości* [Halman, Etmańska 2017].

Na podstawie badań tomografii komputerowej zdiagnozowano u pacjenta występowanie szkliwiaka wielokomorowego żuchwy. Przypadek kliniczny z zachowaniem ochrony danych pacjenta został szczegółowo omówiony na platformie Moodle. Zaplanowano leczenie, które wymagało resekcji fragmentu kości żuchwy. Projekt implantu wykonany został w oparciu o wyniki tych samych badań obrazowych, zastosowano metodę odbicia lustrzanego strony zdrowej. Całość procesu projektowania była konsultowana na poszczególnych etapach, podobnie proces doboru materiału. Ostatecznie, jako materiał odpowiedni do wykonania implantu zaproponowany

został stop tytanu Ti13Nb13Zr pokryty hydroksyapatytem. Modelu implantu wytworzony technologią druku 3D z zastosowaniem materiału ABS przedstawiony jest na ryc. 4.



Ryc. 4. Prototyp implantu indywidualnego żuchwy po resekcji kości, [Halman, Etmańska 2017]

Stosowanie implantów indywidualnych umożliwia zachowanie funkcji układu stomatognatycznego i estetyki twarzy. Implant wytworzony metodą odbicia lustrzanego strony zdrowej idealnie odtwarza wygląd twarzy, w przeciwieństwie do metody stosowania standardowych płytek tytanowych lub wszczepów autogennych.

#### 4. Dyskusja i wnioski

Na podstawie przeglądu dostępnych programów do projektowania oraz różnego rodzaju platform wspierających współpracę online dokonano porównania dostępnych narzędzi współpracy i zaproponowano rozwiązanie optymalne dla e-projektowania interdyscyplinarnego z zakresu inżynierii medycznej.

Wybrane rozwiązanie zostało przetestowane w praktyce. Informacje zebrane na podstawie przeglądu literatury oraz poczynionych działań i obserwacji posłużyły do wywnioskowania, że współpraca między inżynierami a lekarzami jest możliwa, a zarazem niezwykle istotna w procesie projektowania urządzeń medycznych. Wykorzystanie odpowiednio dobranych internetowych narzędzi współpracy usprawnia i przyspiesza proces wykonywania interdyscyplinarnych projektów z dziedzin techniczno-medycznych. Zostało to szczegółowo przeanalizowane, ze szczególnym uwzględnieniem potrzeb Inżynierii Mechaniczno-Medycznej. Kolejny etap to prowadzone już wstępne działania i rozmowy mające na celu wprowadzenie stosowania wybranych narzędzi współpracy jako standard przy prowadzeniu projektów grupowych, integracja z obecnie istniejącą witryną eNauczanie PG, która oparta jest na platformie Moodle, a także wprowadzenie serii szkoleń dla studentów i pracowników uczelni związanych z obsługą platformy Moodle oraz programu Autodesk Fusion 360 na poziomie zaawansowanym.

#### 5. Literatura

**Czaja A., Grabowska A., Kozłowska E., Pałasz P.** 2017. Przykłady dobrej praktyki w projekcie SP4CE ERASMUS+, Zeszyty Naukowe Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej, IV Konferencja e-Technologie w Kształceniu Inżynierów. Wydawnictwo Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej. 52/2017: 19-24.

**Duffy J.** 2017. The Best Online Collaboration Software of 2017, <http://www.pcmag.com/>. (28.03.2017 r.).

**Halman A., Etmańska D.** 2017. Projekt i dobór materiału na implant żuchwy po resekcji kości. Projekt Dyplomowy Inżynierski. Politechnika Gdańska, Wydział Mechaniczny.

**Kozłowska E.** 2017. Projektowanie urządzeń medycznych z wykorzystaniem informatycznych narzędzi współpracy inżynierów i lekarzy. Praca Dyplomowa Magisterska. Politechnika Gdańska, Wydział Mechaniczny.

**Morschauer M.** 2014. Improving Patient Safety Through Collaboration Between Clinical Staff and Engineering Staff in Hospitals. *Journal of Clinical Engineering*. Volume 39, Number 3, July/September 2014: 129-131.

**Mikołajewska E., Mikołajewski D.** 2013. Płaszczyzny współpracy specjalistów medycznych oraz inżynierów biomedycznych i biocybernetyków. *Studia Medyczne* 2013. 29(1): 121 – 128.

**Sonnenwald, D.H., Söderholm, H.M., Welch, G.F., Cairns, B.A., Manning, J.E. and Fuchs, H.** 2014. Illuminating collaboration in emergency health care situations: paramedic-physician collaboration and 3D telepresence technology. *Information Research*. 19 (2). 618: 6-20.

**Nazwa instytucji:** Politechnika Gdańska, Wydział Mechaniczny, Katedra Inżynierii Materiałowej i Spajania

**Opiekun naukowy:** Dr hab. inż. Marek Szkodo, prof. ndzw. PG

**Adres do korespondencji:** ewa.kozłowska@pg.edu.pl