

RYSZARD TADEUSIEWICZ

ORCID 0000-0001-9675-5819

AGH – Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica  
w Krakowie

## ZNACZENIE BIOCYBERNETYKI W NAUCZANIU INŻYNIERII BIOMEDYCZNEJ NA PODSTAWIE OPINII STUDENTÓW

ABSTRACT. Tadeusiewicz Ryszard, *Znaczenie biocybernetyki w nauczaniu inżynierii biomedycznej na podstawie opinii studentów* [The Meaning of Biocybernetics in Teaching Biomedical Engineering on the Basis of Students' Opinions]. *Studia Edukacyjne* no. 64, 2022, Poznań 2022, pp. 63-73. Adam Mickiewicz University Press. ISSN 1233-6688. DOI: 10.14746/se.2022.64.5

Teaching Biomedical Engineering now takes place in most technical schools and in some universities. Each of them uses its own curricula, tailored to the goals of education and the qualifications of their staff. This diversity concerns, among other things, the lecture on the subject of biocybernetics. At the birth of the Biomedical Engineering studies (which was launched at the AGH University of Science and Technology a year earlier than in all other Polish universities), the biocybernetics lecture was the first one that the students listened to. Following the example of AGH, other universities also introduced this lecture. Later, however, many universities gave up teaching this subject, and Act 2.0 changed the name of the scientific discipline for many years called "Biocybernetics and Biomedical Engineering" to "Biomedical Engineering", limiting the chances of obtaining degrees in biocybernetics. Nevertheless, at AGH UST, this subject is still taught at the beginning of the Biomedical Engineering course. In the academic year 2021/22, a survey was conducted among the students; having had one semester of lectures, they answered the question: "How will the knowledge of biocybernetics help me in the profession of a biomedical engineering specialist?" This article presents the results of this survey and encourages you to think about it.

**Key words:** earning and teaching, biomedical engineering, biocybernetics, students' opinions, survey research

### Wstęp. Uwagi metodologiczne

Artykuł ten opiera się na opiniach studentów kierunku inżynieria biomedyczna, którym po całosemestralnym wykładzie przedmiotu biocybernetyka zadano pytanie:

„W czym i w jaki sposób znajomość biocybernetyki będzie mi pomagać w wykonywaniu zawodu specjalisty inżynierii biomedycznej?”

Celem przeprowadzonego badania było poznanie opinii studentów na temat przydatności przedmiotu, a w szerszym kontekście – ważnego wycinka interdyscyplinarnej nauki, jaką jest biocybernetyka, w ich przyszłej działalności zawodowej. Tak wąsko, ale jednocześnie precyzyjnie zarysowany cel badań zdeterminował wybór metody badawczej, którą z oczywistych względów jest sondaż diagnostyczny z techniką ankiety i kwestionariuszem jako narzędziem badawczym. Istotne było tutaj uzyskanie informacji zwrotnej, przydatnej w procesie ewentualnej modyfikacji treści i/lub metod realizacji wykładu z przedmiotu biocybernetyka na kierunku studiów inżynierii biomedycznej. Badanie to cechuje swoista osobliwość, powodująca, iż wymyka się ono z klasycznych kanonów obowiązujących w pedagogice – jeśli w obecnym postmodernistycznym świecie o takich kanonach można w ogóle jeszcze mówić. Ankieta formalnie należy do metod (bądź technik – w zależności od źródła przyjętych rozważań, których szczegółowy opis zostanie tutaj pominięty) ilościowych. Wykorzystana w tym konkretnym badaniu jest nietypowa – kwestionariusz zawiera tylko jedno pytanie i to pytanie otwarte. Przyjęta metoda jest zatem bliższa należącemu do metod jakościowych wywiadowi, zachowując przy tym swój wymiar ilościowy. Obydwa te ujęcia – jakościowe oraz ilościowe – zostały wykorzystane w interpretacji wyników badań.

Metoda sondażu diagnostycznego stanowi jedną z najważniejszych oraz najpopularniejszych w naukach społecznych metod pozyskiwania informacji i badania opinii respondentów. Owo krótkie wyjaśnienie kontekstu metodologicznego badań niech posłuży również uzasadnieniu, dlaczego autor nie formułuje problemów badawczych ani hipotez, bowiem trudno przewidzieć, jakich odpowiedzi na pytanie ankietowe udzielą badane osoby.

W niniejszym artykule wykorzystano wyłącznie pisemne odpowiedzi studentów, przy czym w dyspozycji autora znajdują się ich upoważnienia dotyczące możliwości zacytowania opinii tychże młodych ludzi, z podaniem nazwiska osoby prezentującej daną opinię. Zanim jednak podejmiemy dyskusję na temat odpowiedzi studentów, warto zarysować kontekst, który skłonił do przeprowadzenia omawianej ankiety.

U początków rozwoju nauczania w polskich uczelniach technicznych inżynierii biomedycznej (jeszcze wówczas nie noszącej tej nazwy) było naukowe zainteresowanie kadry nauczającej obszarem kontaktu nauk technicznych i fizyki z obszarem nauk biologicznych i medycyną – ten właśnie obszar nazwano biocybernetyką. Można to prześledzić na podstawie drukowanych podręczników akademickich. W 1978 roku opublikowano dwa skrypty

uczelniane AGH, zatytułowane *Biocybernetyka*<sup>1</sup> i *Podstawy elektroniki medycznej*<sup>2</sup>, przy czym z ich numeracji jednoznacznie wynika, że *Biocybernetyka* była publikacją pierwszą. Z przeglądu literatury tego okresu wynika również, że były to pierwsze podręczniki akademickie dotyczące obszaru obecnie określanego jako inżynieria biomedyczna. Nawet Politechnika Warszawska, także o pięknych tradycjach w nauczaniu inżynierów biologii i medycyny, takich książek w tym czasie nie opublikowała. Skrypt *Biocybernetyka* nabywali studenci wielu uczelni (można go znaleźć w bibliotekach Politechniki Śląskiej, a także szkół wyższych Warszawy, Łodzi, Wrocławia, Poznania i Gdańska), w związku z tym był wznawiany – każdorazowo w wersji poprawionej i uzupełnionej – jako skrypt AGH nr 903 (w 1982 roku) i nr 1242 (w roku 1990). Książką tą zainteresowały się także wydawnictwa ogólnopolskie, jak Zakład Narodowy im. Ossolińskich – Ossolineum<sup>3</sup> oraz Państwowe Wydawnictwo Naukowe<sup>4</sup>. Książka (w wersji nieustannie modyfikowanej i rozwijanej, z nieco zmienianymi tytułami) była potem wielokrotnie wydawana, a jej ostatnie wydanie w Wydawnictwie Naukowym PWN ukazało się w 2013 roku<sup>5</sup>.

W jakim celu przywołano powyższe fakty?

Otóż, aby wskazać – jak stwierdzono to w tytule ostatniej wzmiankowanej książki – że biocybernetyka była i nadal powinna stanowić fundament kształcenia w inżynierii biomedycznej. Kiedy w 2006 roku rozpoczęliśmy nauczanie na nowo utworzonym kierunku inżynierii biomedycznej (wcześniej realizowane w formie specjalizacji na innych kierunkach), biocybernetyka była spoiwem, dzięki któremu kierunek ten zachowywał integralność, chociaż w kształceniu (w ramach Międzywydziałowej Szkoły Inżynierii Biomedycznej) brało udział pięć wydziałów AGH: Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Elektroniki, Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, Fizyki i Informatyki Stosowanej oraz Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej<sup>6</sup>. Takie były wówczas oczekiwania zarówno przemysłu, jak i służby zdrowia<sup>7</sup>.

<sup>1</sup> R. Tadeusiewicz, L. Kot, Z. Mikrut, *Biocybernetyka*, skrypt uczelniany AGH nr 630, Kraków 1978.

<sup>2</sup> R. Tadeusiewicz, *Podstawy elektroniki medycznej*, skrypt uczelniany AGH nr 640, Kraków 1978.

<sup>3</sup> R. Tadeusiewicz, *Biocybernetyka*, Wrocław 1988.

<sup>4</sup> R. Tadeusiewicz, *Problemy Biocybernetyki*, Warszawa 1991.

<sup>5</sup> R. Tadeusiewicz, *Biocybernetyka. Metodologiczne podstawy dla inżynierii biomedycznej*, Warszawa 2013.

<sup>6</sup> R. Tadeusiewicz, *Multidisciplinary BME teaching – a Rector's point of view*, *Bio-Algorithms and Med-Systems*, 2011, 7, 3, s. 11-20.

<sup>7</sup> P. Augustyniak, R. Tadeusiewicz, M. Wasilewska-Radwańska, *BME education program following the expectations from the industry, health care and science*, [w:] *Medicon 2010*, red. P.D. Bamidis, N. Pallikarakis, *IFMBE Proceedings*, 2010, 29, Berlin – Heidelberg – New York s. 945-948.

AGH rozpoczęła jako pierwsza (i w dodatku w 2006 roku jedyna polska uczelnia) kształcenie na kierunku inżynieria biomedyczna, co umożliwiło dzielenie się naszymi doświadczeniami z kadrą innych szkół wyższych w ramach konferencji OKIBEDu (Ogólnopolska Konferencja Inżynierii Biomedycznej – Edukacja)<sup>8</sup>, propagując model kształcenia, w ramach którego wykład z biocybernetyki był jednym z pierwszych i tworzył podstawę, na której można było potem budować szczegółową wiedzę w ramach poszczególnych przedmiotów, składających się na program kształcenia w inżynierii biomedycznej.

Niestety, w ostatnich latach nastąpiły niekorzystne zmiany. W Ustawie 2.0 (z 20 lipca 2018 roku) ustalono, że dyscyplina naukowa nazywająca się przez wiele lat biocybernetyka i inżynieria biomedyczna ma się odtąd nazywać tylko inżynieria biomedyczna. Spowodowało to, że z biocybernetyki nie można już zdobywać stopni i tytułów naukowych, a to przełożyło się na rezygnację z tego przedmiotu w wielu uczelniach prowadzących kształcenie w zakresie IB. Autor niniejszego artykułu utrzymał wykład z biocybernetyki na I semestrze I roku I stopnia studiów inżynierii biomedycznej. W bieżącym roku akademickim (2021/2022) po wykładzie zadał studentom przywołane na początku tego wstępu pytanie. W dalszej części artykułu zostaną przedstawione i omówione odpowiedzi studentów.

## Struktura grupy respondentów

Wykład z biocybernetyki był dostępny dla 144 studentów (tak liczną grupę stanowili studenci pierwszego roku studiów I stopnia na kierunku inżynieria biomedyczna na AGH). Po kilku pierwszych tygodniach ich liczba spadła jednak do 122, ponieważ część z nich „wykruszyła się”. Analiza tego procesu ujawniła, że młodzi ludzie rezygnujący zaraz na wstępie ze studiów inżynierii biomedycznej, to głównie absolwenci klas licealnych o profilu biol-chem, a tymczasem na studiach w AGH ważną rolę odgrywają od samego początku przedmioty przygotowujące do zawodu inżyniera, czyli zaawansowana matematyka i fizyka. Wielu studentów stwierdziło więc, że nie sprostał im stawianym im wymaganiom i już na początku zrezygnowali z kontynuowania studiów. Niestety, proces ten miał swój dalszy ciąg również w czasie trwania semestru. Można przypuszczać, że część tych rezygnacji wiązała się z uwarunkowaniami materialnymi. Nauczanie na AGH jest – oczywiście – bezpłatne, ale mieszkanie i wyżywienie w mieście uniwersyteckim mogło

---

<sup>8</sup> R. Tadeusiewicz, *OKIBEDu po raz drugi*, Acta Bio-Optica et Informatica Medica, 2010, 16, 2, s. 3.

okazać się zbyt kosztowne. Na to nałożyły się na przełomie lat 2021/2022 problemy finansowe wielu rodzin związane z pandemią, jak również problemy polityczne na Ukrainie. Część studentów rozpoczynających studia pochodziła z tego sąsiedniego kraju i ze względów rodzinnych często decydowali się na przerwanie studiów oraz powrót do ojczyzny.

W rezultacie, wykład z biocybernetyki zaliczyło 105 studentów i właśnie do nich została skierowana omawiana tutaj ankieta.

Odpowiedzi udzieliło 75 studentów, w tym 41 kobiet i 34 mężczyzn. Rozkładu wieku respondentów nie badano, ale biorąc pod uwagę fakt, iż w większości byli to maturzyści, którzy zdawali maturę w 2021 roku, można przyjąć z dużym prawdopodobieństwem, że typowy wiek odpowiadających na ankietę studentów to 19 lat. Nie badano także, ilu z nich wywodziło się z dużych miast, a ilu z małych miasteczek i wsi, chociaż nałożenie tej informacji na wyniki ankiety mogłoby dać podstawę do ciekawych wniosków.

Na publikację własnych wypowiedzi, wraz z podaniem nazwiska, wyraziło zgodę (pisemną) 47 osób. Nie wszystkie upoważnienia zostały wykorzystane w podanych niżej cytatach, ale pełna lista nazwisk znajduje się w załączniku na końcu niniejszego artykułu. Niech ten wykaz nazwisk będzie formą podziękowania autora dla tych mądrych i odważnych studentów, którzy wyrażając ciekawe opinie, umożliwili ich zacytowanie.

### **Jakościowe ujęcie wyników badań. Co - zdaniem studentów inżynierii biomedycznej - dał im wykład z biocybernetyki?**

Wypowiedzi studentów o biocybernetyce jako przedmiocie wprowadzającym do studiów inżynierii biomedycznej były powszechnie pozytywne. Uzyskano 74 pozytywne lub bardzo pozytywne (wręcz entuzjastyczne!) opinie i jedną opinię krytyczną. Ta opinia krytyczna nie zostanie jednak tutaj zacytowana z dwóch powodów. Po pierwsze - jej autorka nie wyraziła zgody na cytowanie, a po drugie - uwagi krytyczne nie dotyczyły wartości (i oczekiwanej przydatności) wiedzy z dziedziny biocybernetyki w przyszłej pracy w charakterze absolwenta inżynierii biomedycznej.

Jak wspomniano, pozostałe 74 z 75 odpowiedzi zawierało opinie, że biocybernetyka była wykładem pożytecznym i studenci oczekują, że przyda się im jako swoisty drogowskaz w dalszych studiach. Oto wybrane wypowiedzi (lub ich fragmenty) przedstawione pod rozwagę wszystkim zastanawiającym się, czy w programie studiów inżynierii biomedycznej, przy stale powiększającym się zasobie wiedzy szczegółowej, koniecznej do przekazania studentom, warto jeszcze utrzymywać wykłady z biocybernetyki.

Z zebranych ankiet studenckich wynika, że zdecydowanie warto. Poniżej prezentujemy i omawiamy argumenty przedstawione przez studentów.

Dość często w wypowiedziach pojawiała się opinia, że wykład z biocybernetyki pozwolił im lepiej zrozumieć, czym będzie zawód, który zdecydowali się zdobyć przez wybór studiów na kierunku inżynieria biomedyczna. Reprezentatywnym przykładem takiej deklaracji jest wypowiedź Magdaleny Czeleń.

*Wybór studiów oraz odpowiedniego kierunku jest nie lada wyzwaniem dla każdego. Sama długo zastanawiałam się nad podjęciem „odpowiedniej” decyzji. Miałam na liście spisane wszystkie potencjalne kierunki, między innymi medycynę, informatykę, biologię... Nie byłam w stanie jednoznacznie stwierdzić „Tak! To jest to! Właśnie tam chcę iść”. Wszystko za sprawą tego, że są to bardzo ukierunkowane studia. Idąc na medycynę, decyduję się na zawód lekarza, na informatykę – na zawód informatyka.*

*Po jakimś czasie znalazłam ten kierunek, inżynierię biomedyczną. Już wtedy wiedziałam, że jest to coś idealnego dla mnie. Inżynieria biomedyczna jest niezwykle interdyscyplinarnym kierunkiem. Możemy zdobyć wiedzę z różnych dziedzin: medycyny, fizyki, chemii, biologii, matematyki, informatyki. Uzyskujemy tym samym szerokie spektrum wiedzy, a o to przecież chodzi w studiowaniu.*

*Nie tylko to jest cenne na tym kierunku. Dobrze wiemy, że osoby, które decydują się na medycynę, głównie są wyspecjalizowane w biologii i chemii, inżynierowie przeważnie skupiają się na fizyce i matematyce, a informatycy – na informatyce i programowaniu. Tworzy to swego rodzaju „bańki”, w których pozamykane są poszczególne dziedziny. Nie pozwalają one na płynny przekaz informacji między nimi. To znaczy: lekarz, który będzie potrzebował urządzenia pozwalającego na diagnozę jakiejś choroby, będzie miał trudności w przekazaniu inżynierowi, czego konkretnie oczekuje od maszyny. Dla lekarza maszyna ma podawać konkretne informacje o stanie zdrowia pacjenta, na przykład wyświetlając na ekranie odpowiednie parametry. Inżynier natomiast prawdopodobnie nawet nie wie, co określają te parametry. Podobna sytuacja dotyczy informatyka.*

*I w tym momencie warto wspomnieć o biocybernetyce, która pozwala na wyeliminowanie wszelkich nieporozumień, jakie mogą wystąpić pomiędzy tymi „bańkami”. Można powiedzieć, że dzięki odwołaniu do biocybernetyki rozwiązanie problemów komunikacji pomiędzy lekarzem, inżynierem a informatykiem jest banalne. No może nie „banalne”, ale prostsze na pewno.*

*Biocybernetyka pozwala na skuteczne porozumiewanie się pomiędzy „bańkami” za pomocą odpowiednich modeli. Mają one szerokie zastosowania i są podstawą w inżynierii biomedycznej. Mogą one przedstawiać przeróżne procesy biologiczne, rozwój organizmu, przebieg choroby, czy nawet działania, jakie należy podjąć podczas leczenia pacjenta. Możliwe nawet, że dalszy rozwój biocybernetyki pozwoli na wyelimi-*

nowanie testowania różnych sposobów leczenia na żywych organizmach. Wystarczy stworzyć odpowiedni model pozwalający na symulację zachowania organizmu w wyniku określonej terapii.

Myślę, że studiując biocybernetykę znacznie poszerzyłam swoje wyobrażenie na temat postrzegania pewnych procesów biologicznych (i nie tylko), a także tego, jak wiedza z tego zakresu może wpłynąć na przyszłość inżynierii biomedycznej. Jest to bowiem bardzo perspektywiczna dziedzina. Dzięki jej znajomości jako przyszła pani inżynier będę mogła sprawnie kreować nowe urządzenia, które może za kilka lat znajdą zastosowanie w medycynie lub wspomogą pracę lekarzy. Znacznie łatwiej będzie mi wykorzystać zdobytą wiedzę nie tylko w odniesieniu do nauk ścisłe medycznych, ale także na pograniczu nauk fizycznych, matematycznych i informatycznych.

Podobne argumenty przytoczyła Kornelia Kidoń, która napisała:

Zanim rozpoczęłam studia na kierunku inżynieria biomedyczna posiadałam jedynie własne wyobrażenie o charakterze pracy i zakresie kompetencji, jakie będzie obejmował, mam nadzieję, mój przyszły zawód. Pierwszy rok, a właściwie pierwszy semestr, nie dał jeszcze wyraźnego obrazu tej dziedziny nauki, jednakże upewnił mnie w przekonaniu, że wybierając kierunek swojego kształcenia, podjęłam odpowiednią dla siebie decyzję. Można zauważyć, że program tych studiów toczy się w dwóch kierunkach równocześnie. Poznajemy dziedziny biologiczne oraz medyczne, a także jako przyszli inżynierowie przyswajamy wiedzę techniczną, rozwijając nauki ścisłe.

Biocybernetyka, moim zdaniem, jest czymś pomiędzy. Łączy obie specjalizacje, tworząc kanał komunikacyjny, bez którego niemożliwy jest rozwój medycyny i postęp techniki w medycynie. Biocybernetyka pozwala modelować, a potem tworzyć najdoskonalsze rozwiązania inżynierskie, w odpowiedzi na potrzeby lekarzy, diagnostów i naukowców.

Uczestnictwo w wykładach z biocybernetyki, ukształtowało specyficzny sposób myślenia, który scala wiedzę przyrodniczą i techniczną. Można powiedzieć, że biocybernetyka jest podstawą inżynierii biomedycznej i jest niezbędna do poznania i opracowywania metod, modeli materiałów, aparatury, czy programów do diagnostyki, leczenia i rehabilitacji.

W wykonywaniu zawodu specjalisty inżynierii biomedycznej konieczne jest posiadanie umiejętności postrzegania naturalnie zachodzących w przyrodzie procesów jako systemów lub układów, które można przedstawić jako formalne modele i badać komputerowo metodą symulacji.

Uważam, że w przyszłej specjalizacji, którą chciałabym się zajmować, znajomość biocybernetyki będzie kluczowa. Niemożliwe jest stworzenie koncepcji czy konstrukcji protez lub sztucznych organów bez biocybernetycznej umiejętności modelowania

*matematycznego mechanizmów i procesów występujących w nich naturalnie. Każdy proces biologiczny, zachodzący w organizmie żywym, można przedstawić jako biocybernetyczny model, wykorzystujący prawa fizyczne i chemiczne, który przejęty przez techniki komputerowe pozwoli zrozumieć istotę rzeczy i pozwoli zbudować techniczny odpowiednik, który będzie działał wystarczająco dobrze, by naturalny system zastąpić. Poznanie biocybernetyki i osvajanie się z tą dziedziną nauki na wstępnym etapie kształcenia daje narzędzia ułatwiające projektowanie, przeprowadzanie i racjonalizowanie badań eksperymentalnych oraz wykorzystanie ich wyników w przyszłych pracach naukowo-badawczych.*

Przytoczono tylko jedną wypowiedź, ale teza, że biocybernetyka jest platformą (mostem) między obszarem nauk ścisłych i techniki a obszarem biologii i medycyny była formułowana w wielu odpowiedziach nadesłanych przez większość studentów. Ciekawą interpretację tego wątku nakreślił Ka-jetan Ginter.

*Od początku liceum moim marzeniem było znalezienie zawodu, który da mi możliwość odkrycia czegoś. Zawsze starałem się dociekać natury problemu, czy to podczas przerabiania materiału w szkole, czy chociażby czytania artykułu znalezionego w Sieci. Dlatego, kiedy podczas szukania odpowiedniego dla mnie kierunku studiów zobaczyłem inżynierię biomedyczną, wiedziałem, że będzie to kierunek, który sprostą moim oczekiwaniom. Zauważyłem bowiem, iż mogę kończąc go wykształcić szeroki wachlarz zdolności potrzebnych do mojej wymarzonej pracy w charakterze naukowym. Jak na razie jestem zadowolony ze swojego wyboru. Przez ostatni semestr dowiedziałem się wiele interesujących informacji zarówno z takich przedmiotów, jak matematyka, czy fizyka, które są niezbędne w praktycznie każdym zawodzie inżynierskim, ale też tych bardziej specjalistycznych dla inżyniera biomedycznego. Jednym z takich przedmiotów jest biocybernetyka.*

*Uczestnicząc w wykładach, mogę jasno stwierdzić, iż biocybernetykę uważam za podstawę pracy każdego inżyniera biomedycznego. Stanowi ona kwintesencję całego kierunku. Według mnie, sama inżynieria biomedyczna, podobnie jak biocybernetyka, stanowi ten swoisty most pomiędzy techniką a biologią i medycyną. Zarówno my jesteśmy potrzebni lekarzom, jak i oni nam. Nie wyobrażam sobie współczesnej medycyny bez takich urządzeń, jak chociażby tomograf. Jednakże, gdyby nie medycy, nie mielibyśmy dla kogo robić tych urządzeń. Przedmiot ten pokazuje, że zawody inżyniera i lekarza mogą ze sobą współpracować.*

*Jakiś czas temu słyszałem określenie, że najbliższa dekada będzie tak zwaną dekadą biologów. Człowiek bowiem dąży, by ciągle udoskonalać medycynę. Staje się to możliwe właśnie dzięki nam, inżynierom biomedycznym. Byłoby o jednak niemożliwe, gdyby nie właśnie to połączenie biologii z techniką. Tu właśnie potrzebna jest*

nam biocybernetyka. Bez niej nie potrafilibyśmy skonstruować chociażby wcześniej wspomnianego tomografu oraz wprowadzać coraz nowszych urządzeń aparatury medycznej, które pomagają w nieustannym rozwoju medycyny.

Moim największym marzeniem jest praca nad implantami i sztucznymi narządami, gdyż uważam to za przyszłość naszej cywilizacji. Pomoże to na pewno wielu osobom z dysfunkcjami tych organów. Jest to na pewno możliwe dzięki studiom, jakie wybrałem. Dzięki biocybernetyce widzę, jako przyszły inżynier biomedyczny, w jakim kierunku powinienem dążyć, by jak najlepiej wykonywać swoją pracę, być tym łącznikiem pomiędzy inżynierią a medycyną, by spełnić swoje marzenia.

Krótko, ale dobitnie swoje poglądy przedstawił Marek Szkaradek.

Chciałbym stwierdzić, iż biocybernetyka okazała się dla mnie zupełnie nową gałęzią nauki, interesującą, wręcz twórczą. Jest to niesamowite, że w sposób techniczny można przedstawić tak naprawdę świat biologiczno-medyczny odnoszący się w rzeczywistości do funkcjonowania życia – czyli wielowymiarowego i bardzo skomplikowanego systemu, który w znakomity sposób można przekształcać i usprawniać dzięki biocybernetycznej myśli.

W wykonywaniu zawodu specjalisty inżyniera biomedycznego wiedza w zakresie biocybernetyki odnajdzie bez wątpienia swoje miejsce. Bez udziału biocybernetyka nie ma mowy o subtelnych i rzetelnym przygotowaniu dokumentacji projektowej oraz technicznej dla opracowywanego sprzętu. Istotna jest również kwestia funkcji doradczej w zakresie aparatury medycznej. Na podstawie doświadczeń i badań naukowych dotyczących przykładowo cech tkanek, działania biocybernetyczne mogą także dopomóc w tworzeniu nowej aparatury, protez, biomateriałów, czy specjalistycznych programów. Model biocybernetyczny to fundament, na podstawie którego praca inżyniera biomedycznego staje się niekiedy trudną, aczkolwiek pochtaniającą, pracą, gdzie nieustannie można się czegoś nauczyć i odkryć dotąd nieznanne nam zjawiska.

Na koniec warto odnotować ciekawą opinię przedstawioną przez Konrada Ramsa, który napisał:

*Jako były sportowiec, amator narciarstwa zjazdowego od trzeciej klasy gimnazjum, mogę śmiało powiedzieć, że przed rozpoczęciem nauki na przedmiocie biocybernetyka (...) nie wiedziałem nic o tym, jak i dlaczego porusza się moje ciało.*

*Biocybernetyka jest bardzo ciekawym przedmiotem, ponieważ pokazała mi, co tak naprawdę robiłem na tych nartach. Impuls w mózgu powodował napięcie mięśni, ale to już wiedziałem. Nie wiedziałem natomiast, jak to działa, że mięsień napina się z odpowiednią siłą. Dowiedziałem się na jednym z wykładów, że to jest skutek sprzężeń zwrotnych, które sterują moimi mięśniami.*

## Próba syntezy – ilościowe ujęcie wyników badań

Przytoczono pięć spośród 74 opinii, jakie przedstawili studenci po wysłuchaniu całego semestru wykładów z biocybernetyki. Były to wyłącznie opinie pozytywne, jednak warto zaprezentować statystykę argumentów, które studenci przytaczali jako uzasadnienie formułowanych (pozytywnych) wniosków.

- 63 wypowiedzi (85%) wskazywały na korzystną rolę biocybernetyki w budowaniu więzi pomiędzy tą częścią programu inżynierii biomedycznej, które bazuje na naukach ścisłych i wiedzy technicznej, a częścią odwołującą się do biologii i medycyny;

- 48 wypowiedzi (65%) formułowało tezę, że dzięki biocybernetyce studenci mogli uporządkować swoje początkowe, nie zawsze dokładne, wyobrażenie na temat tego, czym będzie ich przyszła praca w charakterze absolwentów inżynierii biomedycznej;

- 39 wypowiedzi (52%) zawierało oczekiwanie studentów, że dzięki znajomości biocybernetyki będą skuteczniej realizowali swoje zadania podczas pracy zawodowej w charakterze specjalistów inżynierii biomedycznej;

- 39 wypowiedzi (52%) – taka sama liczba, jak w punkcie poprzednim, ale nie pochodząca od tych samych respondentów – wskazywało na przydatność biocybernetyki w zadaniach związanych z wytwarzaniem sztucznych narządów oraz implantów, co okazało się dla studentów najbardziej frapującym zadaniem w dziedzinie całej inżynierii biomedycznej.

Pozostałych argumentów (których było dużo, niekiedy dość niezwykłych) nie zliczano, ponieważ występowały u mniej niż połowy respondentów i cechowały się dużym rozrzutem.

Przytoczone wyniki nie sumują się do 100%, ponieważ w prawie każdej wypowiedzi przytoczono kilka argumentów, należących jednocześnie do różnych kategorii.

Podsumowując, badanie ankietowe wśród studentów wykazało, że utrzymanie przedmiotu biocybernetyka na samym początku studiów inżynierii biomedycznej jest wysoce celowe – jako czynnika integrującego pozostałe przedmioty wchodzące w skład programu nauczania, będącego jednocześnie wspomnianym pomostem między światem nauk ścisłych i techniki a obszarem biologii i medycyny.

### Załącznik

Nazwiska studentów, którzy przedłożyli swoje odpowiedzi na pytanie ankiety i zgodzili się na ich cytowanie (z podaniem imienia i nazwiska) w tym bądź innych opracowaniach zbiorczych:

Agata Czuk, Aleksandra Bainczyk, Aleksandra Frosztęga, Aleksandra Szota, Daria Pazdan, Dominik Jasiówka, Ewelina Marek, Ewelina Szlęzak, Gabriela Kowalska, Gabriela Szczepaniec, Jakub Siębor, Jan Krzyszycha, Joanna Lenart, Joanna Stepień, Julia Dziura, Julia Kaniuka, Julia Libelt, Julia Nowak, Julia Sztangreciak, Kajetan Ginter, Kamil Maciński, Konrad Rams, Kornelia Kidoń, Lidia Potoczek, Liwia Jaskulska, Łucja Przetocka, Magdalena Czeleń, Magdalena Dobrek, Maja Mielczarek, Marek Szkaradek, Maria Gołdasz, Michał Głowacki, Milena Perończyk, Oskar Kapuśniak, Paweł Czernecki, Piotr Dusza, Stanisław Sękara, Swietłana Dąbrowska, Weronika Blicharz, Weronika Sobkowicz, Weronika Solarska, Wiktor Raczek, Wiktoria Krauze, Wojciech Szczówka, Zuzanna Burkiewicz, Zuzanna Mrozek, Zuzanna Pecka.

Pełnym kompletem odpowiedzi autoryzowanych przez studentów dysponuje autor, który może udostępnić je zainteresowanym Czytelnikom w celu przeprowadzenia niezależnych analiz.

## BIBLIOGRAFIA

- Augustyniak P., Tadeusiewicz R., Wasilewska-Radwańska M., *BME education program following the expectations from the industry, health care and science*, [w:] *Medicon 2010*, red. P.D. Bamidis, N. Pallikarakis, IFMBE Proceedings, 2010, 29, Springer Verlag, Berlin – Heidelberg – New York.
- Tadeusiewicz R., *Podstawy elektroniki medycznej*, skrypt uczelniany AGH nr 640, Wydawnictwo Naukowo-Dydaktyczne AGH, Kraków 1978.
- Tadeusiewicz R., *Biocybernetyka*, Zakład Narodowy im. Ossolińskich – Ossolineum, Wrocław 1988.
- Tadeusiewicz R., *Problemy Biocybernetyki*, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1991.
- Tadeusiewicz R., *OKIBedu po raz drugi*, *Acta Bio-Optica et Informatica Medica*, 2010, 16, 2.
- Tadeusiewicz R., *Multidisciplinary BME teaching – a Rector's point of view*, *Bio-Algorithms and Med-Systems*, 2011, 7, 3.
- Tadeusiewicz R., *Biocybernetyka. Metodologiczne podstawy dla inżynierii biomedycznej*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2013.
- Tadeusiewicz R., Kot L., Mikrut Z., *Biocybernetyka*, skrypt uczelniany AGH nr 630, Wydawnictwo Naukowo-Dydaktyczne AGH, Kraków 1978.

