



Dydaktyka
automatyki
i robotyki

pod redakcją
Krzysztofa
Oprzędkiewicza,
Ewy Pawłuszewicz,
Andrzeja
Bartoszewicza



WYDAWNICTWA AGH
KRAKÓW 2025

Witold Byrski, Krzysztof Jaroszewski,
Krzysztof Oprzędkiewicz, Ewa Pawłuszewicz,
Grzegorz Pawłuszewicz, Paweł Skruch

Dydaktyka automatyki i robotyki

pod redakcją
Krzysztofa Oprzędkiewicza,
Ewy Pawłuszewicz,
Andrzeja Bartoszewicza



WYDAWNICTWA AGH
KRAKÓW 2025

Wydawnictwa Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie

© Wydawnictwa AGH, Kraków 2025

Publikacja może być rozpowszechniana zgodnie z licencją Creative Commons CC BY 4.0

ISBN 978-83-68219-79-1 (PDF)

<https://doi.org/10.7494/978-83-68219-79-1>

Recenzenci: *prof. dr hab. inż. Stefan Domek*
dr inż. Maciej Garbacz

Afiliacje redaktorów

Krzysztof Oprzędkiewicz: Akademia Górniczo-Hutnicza

Ewa Pawłuszewicz: Politechnika Białostocka

Andrzej Bartoszewicz: Politechnika Łódzka

Opieka wydawnicza: *Agnieszka Rusinek*

Skład: *ANDRE*

Projekt okładki i strony tytułowej: *Karolina Szafran-Kamrowska*

Wydawnictwa AGH

al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

tel. 12 617 32 28, 12 636 40 38

e-mail: redakcja@wydawnictwoagh.pl

www.wydawnictwo.agh.edu.pl

Spis treści

Wstęp	5
Streszczenia	11
ROZDZIAŁ 1	
Dobre praktyki w nauczaniu matematyki na kierunku automatyka i robotyka oraz na kierunkach pokrewnych	15
Ewa Pawłuszewicz	
ROZDZIAŁ 2	
Wykorzystanie Chata GPT przez studentów z perspektywy studenta i nauczyciela akademickiego	26
Ewa Pawłuszewicz, Grzegorz Pawłuszewicz	
ROZDZIAŁ 3	
Ewolucja kształcenia w tematyce programowalnych układów automatyki	45
Krzysztof Jaroszewski	
ROZDZIAŁ 4	
Problemy badawcze jako fundament edukacji w automatyce i robotyce: droga do innowacyjnych rozwiązań	57
Paweł Skruch	
ROZDZIAŁ 5	
Profil praktyczny i ogólnoakademicki na studiach inżynierskich na przykładzie kierunku automatyka i robotyka	69
Witold Byrski	
ROZDZIAŁ 6	
Kształcenie w obszarze automatyki, robotyki i mechatroniki z punktu widzenia edukacji, nauki i biznesu	82
Krzysztof Oprędkiewicz	

Wstęp

Niezwykle intensywny rozwój techniki, w którym przyszło nam, jako kadrze naukowej, brać czynny udział, jest niewątpliwie przyczyną największych zmian cywilizacyjnych w ostatnich latach. Współczesny człowiek regularnie otrzymuje coraz doskonalsze narzędzia ułatwiające mu pracę czy też poprawiające warunki życia. Posiadł on również praktycznie nieograniczone możliwości podróżowania czy komunikowania się z innymi ludźmi. Wszystkie te osiągnięcia wiążą się ze sobą, wzajemnie na siebie wpływają i jednocześnie sprawiają, że postęp przybiera trudne do przewidzenia lub opisanego tempo. Oczywiście taki stan rzeczy z jednej strony daje ogromną radość z dokonanego postępu i nadzieję na kolejne odkrycia i wynalazki, ale wywołuje również obawy o skutki uboczne, które mogą przynieść nieprzewidywalne zagrożenia. Ludzie coraz częściej stawiają sobie pytania o to, jaka nas czeka przyszłość i czy globalizacja oraz dynamiczny rozwój nie doprowadzą do klęski. Nieco inny wymiar mają te zagadnienia dla ludzi nauki. W tym przypadku nie wystarcza tylko stawianie pytań, ale konieczne jest aktywne wzięcie udziału w zachodzących procesach.

Szczególne odpowiedzialność spoczywa na środowisku akademickim, którego zadaniem jest przygotowanie przyszłych pokoleń do przejęcia sterów w kierowaniu dalszym rozwojem ludzkości. Jest to zadanie bardzo złożone, ponieważ kształcenie młodych pokoleń z roku na rok stawia coraz więcej wyzwań. To, co jeszcze kilkadziesiąt lat temu sprowadzało się do pojęcia „nauczanie” i polegało głównie na przekazywaniu wiedzy i doświadczenia, dzisiaj nie jest wystarczająco atrakcyjne dla potencjalnego odbiorcy. Współczesny absolwent szkoły średniej już na początku swojej przygody z uczeniem staje się klientem i to klientem kuszonym przez oferty kilku uczelni, do których ma prawo jednocześnie aplikować. Coraz częściej już na tym etapie widać niestety brak ukierunkowania i spójnego celu, do jakiego zmierza młody człowiek. Często bardzo ciekawe są argumentacje i kryteria oceny wykorzystywane do wyselekcjonowania najlepszego rozwiązania zapewniającego obiecującą przyszłość. Ostatecznie proces rekrutacji – czyli swego rodzaju algorytm, na który składa się między innymi liczenie punktów zdobytych w dotychczasowej edukacji, wartościowanie ewentualnych korzyści i kosztów

poniesionych w związku z pobytem w danym kraju lub mieście czy też ocena prestiżu danej szkoły wyższej – sprowadza się do tego, że klient – student wybiera jedną uczelnię, a następnie oczekuje od niej spełnienia obietnic składanych w czasie rekrutacji. Taka sytuacja doprowadziła między innymi do utraty autorytetu nauczyciela akademickiego. Dzisiejszy student oczekuje szacunku przede wszystkim do swojej osoby i sprawnie egzekwuje przysługujące mu prawa, często nawet na drodze sądowej. Co więcej, bywa, że zdobywanie wiedzy nie jest jego wymarzoną celem, lecz oczekuje on dobrego wynagrodzenia w przyszłości lub nawet dobrze spędzonego czasu w trakcie studiów.

Jak w tej sytuacji powinna postępować kadra akademicka? Czy powinna dostosować się do zmieniającej się rzeczywistości, czy próbować odzyskać swoje miejsce i walczyć o należny szacunek? Są to niestety bardzo trudne pytania, na które nie ma prostej i jednoznacznej odpowiedzi. Nie można również liczyć w tej materii na wsparcie ze strony instytucji odpowiedzialnych za uregulowania prawne i działania administracyjne. Także w świetle wytycznych formułowanych przez stosowne ministerstwa odpowiedzialne za organizację szkolnictwa, a dotyczących sposobu nazywania efektów pracy nauczyciela akademickiego, pozycja uczelni nie jest tak mocna jak dawniej. Wynika to między innymi z bardzo ogólnie sformułowanych wymagań dotyczących kwalifikacji absolwentów pierwszego oraz drugiego stopnia studiów, a wynikających z Polskiej Ramy Kwalifikacji (PRK) obowiązującej na wszystkich poziomach kształcenia (studia inżynierskie odpowiadają szóstemu poziomowi PRK, studia magisterskie – siódmemu poziomowi PRK). Są one sformułowane za pomocą bardzo ogólnych stwierdzeń charakteryzujących efekty uczenia się, jakie musi potwierdzać dana kwalifikacja. Należy przy tym pamiętać, że kwalifikacje to formalne potwierdzenie posiadania wiedzy i umiejętności najczęściej w postaci dyplomów, certyfikatów i świadectw uzyskanych również poza uczelnią. Kompetencje natomiast to rzeczywiste zdolności, umiejętności, a także cechy osobowości i postawy, pozwalające na efektywne wykorzystanie nabytej wiedzy i umiejętności w praktyce, a co za tym idzie na efektywne działanie i rozwiązywanie problemów.

Młody człowiek przede wszystkim oczekuje, że uczelnia przygotuje go do przyszłej pracy przez przekazanie pewnych wskazówek i wytrenowanie określonych umiejętności, tak jak w grze komputerowej. Jest to jak najbardziej uzasadnione oczekiwanie, które właśnie w grach komputerowych ma swoje źródło. Gracz, nawet niezbyt doświadczony czy uzdolniony, otrzymuje wirtualny zestaw narzędzi dających bardzo dużo możliwości i przy użyciu tych narzędzi już po kilku godzinach, ewentualnie po kilku dniach treningu jest w stanie panować nad skomplikowanymi procesami lub – korzystając z ogromnych baz danych gotowych detali – budować niezwykle złożone konstrukcje. Co więcej, w łatwy sposób można przejść ze świata wirtualnego do rzeczywistości – wystarczy drukarka 3D i kilka zamówień z ogólnodostępnych platform zakupowych.

Efektywność działania i możliwość łatwego osiągnięcia celu jest wprost imponująca. I to bez konieczności posiadania choćby elementarnej wiedzy z mechaniki, elektrotechniki czy informatyki, często bez głębszego wysiłku intelektualnego, bez krytycznego i logicznego myślenia. Pewnym nowym zjawiskiem jest to, że studenci z takim podejściem znajdują pracę nie – jak jeszcze kilka lat temu – kelnerów czy pracowników magazynowych – czyli w zawodach bardzo odległych od ich kierunku studiów, ale właśnie w swojej dziedzinie. Dotyczy to szczególnie branży informatycznej i automatyki. Pracodawcy chętnie wyposażają ich w odpowiednie „supernarzędzia” i dają możliwość realizacji rzeczywistych zadań. Informatycy otrzymują środowiska programistyczne, w których umiejętność samego pisania kodu może być zbędna, bo głównym zadaniem jest „przestawianie” okienek i wybieranie opcji z rozwijanych pasków menu. Automatycy otrzymują sterowniki PLC (*Programmable Logic Controller*), pozwalające na łatwe zarządzanie gotowymi elementami wykonawczymi z poziomu oprogramowania, często bez konieczności posiadania jakiegokolwiek wiedzy o występujących w urządzeniach wartościach prądów, sił czy napięć. Młodzi pracownicy niestety zwykle realizują zadania cząstkowe, które wykonane pod nadzorem doświadczonych inżynierów nie dają im szansy na głębszą krytyczną refleksję nad całością projektu, ale za to utwierdzają w przekonaniu, że można pracować w roli inżyniera i zarabiać bez konieczności posiadania głębszej, czy nawet podstawowej wiedzy inżynierskiej i dokumentu potwierdzającego ten fakt, czyli dyplomu wyższej uczelni.

Rodzi się więc pytanie, czy znajomość podstawowych praw natury jest potrzebna? Gdzie w tym wszystkim są całki i pochodne? Po co inżynierowi w ogóle matematyka? Gdzie jest ukryta „wiedza” i czy jest ona potrzebna do tworzenia? Zadaniem kadry akademickiej w tej sytuacji jest już nie tylko samo przekazanie wiedzy, ale dodatkowo przekonanie studentów, że to jednak ma znaczenie dla ich przyszłości. Zadanie to jest niezwykle trudne, szczególnie w obliczu ogromnej nieufności ze strony młodych ludzi i sporych zaległości z wcześniejszych etapów edukacji. Czy potrafimy w tej sytuacji odpowiednio zareagować i spowodować, żeby nasz przekaz był nie tylko merytoryczny, ale także spójny i atrakcyjny? Możliwe, że wtedy rozbudzimy ciekawość młodych umysłów i przyciągniemy uwagę studentów. Stanowi to jedyną szansę na przekonanie ich do zgłębienia podstaw dyscypliny, w której w przyszłości chcieliby być ekspertami.

Ważnym zjawiskiem, które ma ogromny wpływ na zmiany w procesie dydaktycznym, jest pojawienie się nowoczesnych narzędzi wspierających nauczanie i zdobywanie nowych umiejętności. Najważniejsze źródło wiedzy, którym niemal od początków cywilizacji była książka, praktycznie przestało się liczyć. Podobny los spotkał zeszyty i notesy. Dzisiaj rolę podręczników pełni komputer z dostępem do internetu. Pozyskanie informacji sprowadza się do zadania pytania w stosownej wyszukiwarce lub coraz częściej do sformułowania problemu w najnowszym narzędziu – sztucznej inteligencji. Łatwość

zdobywania wiedzy oraz zdolność komunikowania się na odległość powodują, że klasyczna forma spotkania studenta z profesorem, jaką jest wykład, wkrótce podzieli los książki. Wydarzenia wywołane pandemią COVID-19 w znaczący sposób przyspieszyły proces tej przemiany. Dramatyczny czas przymusowej izolacji pokazał nam, jak łatwo można przeorganizować system nauczania i przenieść go poza granice uczelni. Można nawet pokusić się o stwierdzenie, że jako środowisko akademickie powinniśmy być dumni, ponieważ zdaliśmy w tych trudnych czasach egzamin i błyskawicznie dostosowaliśmy swój warsztat do zaistniałych potrzeb. Udało się nam, niezależnie od kategorii wiekowej i zakresu znajomości współczesnych narzędzi komputerowych, często kosztem mozolnej pracy, zachować ciągłość w prowadzeniu zajęć. Z drugiej jednak strony pojawiają się głosy, że nie wszystko poszło tak wspaniale. Stwierdzenie „roczniki covidowe”, czyli studenci i uczniowie, którzy wiedzą znacznie mniej od swoich starszych kolegów, wyraźnie wskazuje, że nowa formuła nauczania nie jest doskonała. Niezależnie od tego nie ma już możliwości wycofania się z nauczania na odległość i stosowania w procesie dydaktycznym nowoczesnych narzędzi informatycznych i multimedialnych. Zadaniem kadry dydaktycznej jest jednak odnalezienie we współczesnym świecie, przesyconym różnymi informacjami i narzędziami do ich przetwarzania, rozwiązań, które okażą się efektywne, a nie tylko efektowne.

Szczególne zainteresowanie budzą dzisiaj nowe narzędzia nazywane „sztuczną inteligencją” (*Artificial Intelligence*). Temat ten jest modny i popularny we wszystkich dziedzinach życia. Nie może zatem zostać niezauważony przez dydaktyków, a szczególnie dydaktyków w zakresie automatyki i robotyki, dla których w odróżnieniu od innych dyscyplin nie stanowi tylko narzędzia do analitycznego przetwarzania informacji, ale ma również znaczenie jako obiekt techniczny o określonej strukturze działania i realizujący konkretne algorytmy. Ta dwojaka natura, jaką dostrzegamy w sztucznej inteligencji, powinna dać nam przewagę nad specjalistami z innych dyscyplin, a przede wszystkim impuls do przygotowania procesu nauczania tej tematyki w sposób niezwykle odpowiedzialny i uświadamiający studentom rzeczywiste możliwości sztucznej inteligencji, ale także zagrożenia płynące ze stosowania tego narzędzia.

Złożoność problemów, z jakimi musimy się zmierzyć w organizacji pracy dydaktycznej, jest, jak widać, ogromna. Musimy się zatem wspólnie, jako całe środowisko akademickie, zastanowić nad tym, czy jesteśmy bezsilni w obliczu zachodzących zmian społecznych. Wydaje się, że nie, bo przecież po to są wyzwania, żeby można było im sprostać. Jednym z najlepszych sposobów poszukiwania rozwiązania złożonych problemów jest podjęcie szerokiej dyskusji w gronie ludzi dysponujących doświadczeniem i chcących się tym doświadczeniem dzielić. Warto tę dyskusję prowadzić zarówno w ujęciu globalnym, jak i lokalnym, czyli ograniczonym do poszukiwania odpowiednich rozwiązań, które uwzględniają specyficzne uwarunkowania danej dyscypliny. Dlatego

też za wyjątkowo cenną inicjatywę należy uznać zorganizowanie przez Sekcję Dydaktyki Komitetu Automatyki i Robotyki PAN konferencji „Dydaktyka Automatyki i Robotyki”. Konferencja ta odbyła się 26 sierpnia 2025 r. Jej uczestnikami byli nie tylko obecni na sali goście, ale również zainteresowani nauczyciele akademicy z całej Polski, którzy mogli wziąć czynny udział w dyskusji za pośrednictwem narzędzi zdalnej komunikacji.

Tematyka konferencji obejmowała takie zagadnienia, jak:

- nowatorskie koncepcje zajęć,
- metody aktywizacji słuchaczy,
- wykorzystanie elementów sztucznej inteligencji,
- metody nauczania przedmiotów podstawowych jako kierunkowych w zakresie automatyki i robotyki,
- sprzęt laboratoryjny i hardware najnowszej generacji,
- pobudzanie kreatywności przez projekty interaktywne,
- promocja prac badawczych,
- przedsięwzięcia interdyscyplinarne,
- współpraca międzywydziałowa i międzyuczelniana, na szczeblu krajowym i międzynarodowym,
- interakcje uczelnia-przemysł,
- zaangażowanie studentów w kołach naukowych.

Konferencja stanowiła platformę do wymiany doświadczeń i wzajemnej inspiracji. Pozwoliła przede wszystkim na wspólne przedyskutowanie najważniejszych problemów, z jakimi spotyka się nauczyciel akademicki, oraz poznanie opinii szerokiego grona specjalistów nauczających na kierunkach pokrewnych automatyce i robotyce. Publikacja prezentuje opracowania, które powstały na podstawie referatów wygłoszonych na tym wydarzeniu. Redaktorzy niniejszej monografii mają nadzieję, że będzie ona dla czytelników nie tylko inspiracją do wzbogacenia swojej oferty dydaktycznej, ale również pobudzi do prowadzenia rzeczowej i owocnej dyskusji na temat przyszłości wyższego szkolnictwa technicznego.

*Krzysztof Oprędkiewicz
Ewa Pawłuszewicz
Andrzej Bartoszewicz*

Streszczenia

Ewa Pawłuszewicz

Dobre praktyki w nauczaniu matematyki na kierunku automatyka i robotyka oraz na kierunkach pokrewnych

Dziś polskie uczelnie mają dużą swobodę w kształtowaniu programów studiów, przy założeniu spełnienia ogólnie sformułowanych efektów kształcenia zawartych w Charakterystykach Poziomu Polskiej Ramy Kwalifikacji. Stąd też powstaje pytanie: „Czego powinniśmy uczyć na przedmiocie...?”. Na podstawie analizy podstawowych pojęć z zakresu automatyki, sterowania i regulacji, które student powinien znać, rozumieć i umieć się posługiwać przy analizie i rozwiązywaniu problemów inżynierskich, oraz niezbędnych to ich zrozumienia terminów z zakresu matematyki, przedstawione zostaną treści programowe z przedmiotu matematyka, które w co najmniej minimalnym stopniu powinny być realizowane na kierunku automatyka i robotyka oraz na kierunkach pokrewnych. Proponowany katalog treści programowych może być traktowany jako odpowiednik minimów programowych z zakresu matematyki dla kierunku automatyka i robotyka i kierunków pokrewnych.

Słowa kluczowe: minima programowe, matematyka, automatyka i robotyka oraz kierunki pokrewne, transmitancja operatorowa, podstawowe elementy automatyki, charakterystyki częstotliwościowe, algebra liniowa, rachunek różniczkowy i całkowy, równania różniczkowe, funkcje zmiennej zespolonej

Ewa Pawłuszewicz, Grzegorz Pawłuszewicz

Wykorzystanie ChatGPT przez studentów z perspektywy studenta i nauczyciela akademickiego

ChatGPT stał się niemal nieodłącznym elementem naszego życia codziennego. W rozdziale starano się przeanalizować generowane przez ChatGPT rozwiązania zadań, wskazać ich zalety i wady w zależności od użytej jego wersji. Analizujemy też te rozwiązania z punktu widzenia nauczyciela akademickiego sprawdzającego zadania.

Słowa kluczowe: modele językowe, ChatGPT, generowanie rozwiązań, OpenAI

Krzysztof Jaroszewski

Ewolucja kształcenia w tematyce programowalnych układów automatyki

W rozdziale przedstawiono zmianę sposobu kształcenia w obszarze wiedzy, umiejętności oraz kompetencji społecznych dotyczącą zagadnień programowalnych systemów automatyki z perspektywy ostatnich dwunastu lat programu studiów realizowanego na kierunku automatyka i robotyka (AiR) na Wydziale Elektrycznym (WE) Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie (ZUT). Pokazane zostaną najważniejsze zmiany, jakie zostały wprowadzone – w szczególności w odniesieniu do form kształcenia stosowanych w rozpatrywanym okresie – na podstawie najbardziej wymiernego wskaźnika, jakim jest wymiar godzin na każdej z form. Z kolei zmiany dotyczące zakresu prezentowanych treści zostaną przedstawione na przykładzie przedmiotu wiodącego i innych z nim skojarzonych, a odnoszących się do tematyki programowalnych systemów automatyki. W szczególności rozdział będzie dotyczył kształcenia w obszarze sterowników swobodnie programowalnych (*Programmable Logic Controller* – PLC), ale poruszona zostanie także tematyka kształcenia dotycząca systemów wizualizacji / nadzorowania procesów przemysłowych oraz diagnostyki procesów przemysłowych. Na tle zmian zachodzących w sferze metodyki kształcenia zaprezentowane zostaną także zmiany bazy laboratoryjnej związanej ze sterownikami swobodnie programowalnymi w Katedrze Automatyki i Robotyki (KAiR) Wydziału Elektrycznego ZUT. Pokazane zostaną w szczególności stanowiska zaprojektowane i wykonane przez studentów kierunku automatyka i robotyka (AiR) oraz koncepcja ich wykorzystania do zajęć dydaktycznych. Wskazane zostaną także możliwości dalszego rozwoju tematyki na kierunku AiR.

Słowa kluczowe: programowalne systemy automatyki, PLC, program studiów, formy kształcenia, stanowisko dydaktyczne

Paweł Skruch

Problemy badawcze jako fundament edukacji w automatyce i robotyce: droga do innowacyjnych rozwiązań

Rozdział koncentruje się na nowoczesnych metodach kształcenia w dziedzinie automatyki i robotyki oraz przedstawia wnioski z wizyt studyjnych na uczelniach technicznych w Europie Zachodniej i Stanach Zjednoczonych oraz doświadczenia autora zdobytego podczas blisko 25-letniej pracy w przemyśle. W obliczu wyzwań wynikających z dynamicznego rozwoju generatywnej sztucznej inteligencji kluczowym elementem procesu nauczania staje się formułowanie problemów, których rozwiązanie wymaga twórczego myślenia i nie może być uzyskane w oczywisty sposób za pomocą zapytań do systemów AI,

takich jak chatboty. W rozdziale podkreślono znaczenie pracy zespołowej w kontekście złożonych wyzwań, które odpowiadają rzeczywistym zadaniom stawianym specjalistom w branży technologicznej. Zespołowe podejście do ambitnych zadań stymuluje proces myślenia, często prowadząc do niestandardowych rozwiązań o dużym potencjale aplikacyjnym i wdrożeniowym. Przykłady z krajów zachodnich wskazują, że takie projekty często stają się fundamentem dla nowych startupów technologicznych. Rola prowadzącego w tym procesie ewoluuje w stronę mentora, który inspiruje i wskazuje kierunki rozwiązań, unikając jednocześnie narzucania gotowych schematów działania. Kluczowym zadaniem uczelni pozostaje zapewnienie odpowiednich narzędzi – infrastruktury informatycznej, sprzętu kontrolno-pomiarowego oraz oprogramowania – które umożliwią studentom swobodną eksplorację i kreatywne rozwiązywanie problemów. Rozdział ukazuje, że takie podejście do edukacji nie tylko podnosi kompetencje studentów, ale także kształtuje ich umiejętności krytycznego myślenia, zdolności do współpracy oraz gotowości do podejmowania innowacyjnych rozwiązań, które są kluczowe na dynamicznie zmieniającym się rynku pracy.

Słowa kluczowe: edukacja, automatyka, robotyka, innowacyjność

Witold Byrski

Profil praktyczny i ogólnoakademicki na studiach inżynierskich na przykładzie kierunku automatyka i robotyka

W rozdziale przedstawiono krótki chronologiczny przegląd najważniejszych kolejnych ustawowych uregulowań i ich zmian od roku 1990, którym podlegało prowadzenie nauczania w szkołach wyższych. Związane to było ze zmianami ustrojowymi i wprowadzaniem nowych pojęć, takich jak: szkoła publiczna zamiast państwowej, szkoła zawodowa czy trójstopniowość studiów. Likwidacji uległy plany kształcenia na rzecz Krajowych Ram Kwalifikacji dla Szkolnictwa Wyższego (KRK), wprowadzono punkty ECTS i zlikwidowano studia doktoranckie na rzecz szkół doktorskich. Zdefiniowano pojęcia poziomu, formy i profilu studiów. Kolejna ustawa modyfikowała liczbę obszarów wiedzy, liczbę dziedzin i dyscyplin naukowych. Zdefiniowano też nazwy: uniwersytetu, politechniki, akademii oraz akademii nauk stosowanych. Z ostatniej obowiązującej ustawy wytypowano najważniejsze artykuły, które wskazują na te pojęcia i które określają bazę działania dzisiejszego szkolnictwa wyższego. W rozdziale odniesiono się głównie do problemu szkół technicznych, ze szczególnym zwróceniem uwagi na tytułowe różnice profilowe nauczania. Pokazano specyfikę kierunku automatyka i robotyka, jego interdyscyplinarność i różnice w profilu praktycznym i ogólnoakademickim.

Słowa kluczowe: ustawy o szkolnictwie wyższym, profile studiów, kierunek AiR, pierwszy stopień studiów

Krzysztof Oprzędkiewicz

**Kształcenie w obszarze automatyki, robotyki i mechatroniki
z punktu widzenia edukacji, nauki i biznesu**

W rozdziale omówiono refleksje autora po spotkaniu zorganizowanym przez Ministerstwo Edukacji Narodowej, poświęconym kształceniu zawodowemu w obszarze automatyki, robotyki i mechatroniki, które odbyło się w Warszawie w dniu 3 grudnia 2024 roku. W spotkaniu wzięli udział przedstawiciele Ministerstwa, dyrektorzy szkół zawodowych kształcących w zakresie automatyki, robotyki i mechatroniki, przedstawiciele firm z branży oraz przedstawiciele instytucji naukowych: szkół wyższych oraz instytutów Sieci Badawczej Łukasiewicz. Autor rozdziału wziął czynny udział w omawianym spotkaniu. Do uczestnictwa w nim został oddelegowany jako przedstawiciel Komitetu Automatyki i Robotyki PAN i przewodniczący Sekcji Dydaktyki w tym Komitecie. Jednocześnie z racji pracy zawodowej autor reprezentował również AGH w Krakowie (uczelnię o profilu akademickim) oraz Akademię Tarnowską (uczelnię o profilu praktycznym). Na podstawie wypowiedzi uczestników spotkania oraz późniejszej dyskusji autor dokonał próby sformułowania analizy SWOT dla kształcenia w zakresie automatyki i robotyki zarówno na poziomie zawodowym w zakresie pierwszej i drugiej kwalifikacji, jak też na poziomie wyższym, aż do szkoły doktorskiej włącznie.

Słowa kluczowe: kształcenie zawodowe, analiza SWOT, współpraca szkół z firmami

ROZDZIAŁ 1

Dobre praktyki w nauczaniu matematyki na kierunku automatyka i robotyka oraz na kierunkach pokrewnych

Ewa Pawłuszewicz 

Politechnika Białostocka, Wydział Mechaniczny, Katedra Automatykacji Procesów Przemysłowych, email: e.pawluszewicz@pb.edu.pl

1.1. Czy warto dziś uczyć matematyki?

Jak powszechnie wiadomo, matematyka – przedmiot podstawowy na kierunkach inżynierskich – jest przedmiotem, który rodzi wiele obaw u kandydatów i studentów, szczególnie pierwszego roku. Ze strony części inżynierów czy pracowników uczelni rodzi nawet pytania o sens jego prowadzenia w czasach, kiedy na rynku dostępnych jest wiele narzędzi komputerowych i wchodzący szeroko ChatGPT. Zatem warto zastanowić się, czym jest tak naprawdę matematyka i po co dziś jej uczyć. Odpowiadając na to pytanie, nie można skupić się tylko na samych schematycznych zadaniach znanych ze szkoły ponadpodstawowej czy też z podstawowego kursu analizy i algebry liniowej realizowanych na studiach inżynierskich. O matematyce kiedyś mówiło się, że jest to królowa nauk. Dlaczego? Otóż matematyka to język uniwersalny, narzędzie, które pozwala na analizę ze zrozumieniem problemów, w tym problemów inżynierskich, na opis otaczającej nas rzeczywistości, na szukanie wiarygodnych rozwiązań. Można powiedzieć, że zrobią to za człowieka dostępne matematyczne pakiety komputerowe oraz wspomniany już ChatGPT. Może to i prawda, ale wygenerowany wynik trzeba przeanalizować, trzeba wyciągnąć wnioski. W prostszych zadaniach akademickich faktycznie mogą się sprawdzić narzędzia komputerowe. Ale to nie rozwiązuje problemu. Ktoś musi te narzędzia stworzyć logicznie, przetestować, przeanalizować poprawność ich działania, dostrzec pojawiające się, często na pierwszy rzut oka niewidoczne, osobliwości. A do tego potrzebna jest wiedza z zakresu matematyki i logiki, konieczna jest umiejętność krytycznego myślenia, dostrzegania związków między zmiennymi, umiejętność analizy i syntezy. Tęgo właśnie uczy matematyka. Często mogą rodzić się pytania o to, czego powinno się uczyć w ramach przedmiotu matematyka na kierunku automatyka i robotyka oraz na kierunkach pokrewnych przy tak dziś szerokiej i powszechnej

dostępności do inżynierskich pakietów obliczeniowych i do ChatGPT i przy zaplanowanej przez władze wydziałów uczelni technicznych, często niewielkiej liczbie godzin przeznaczonych na realizację tego przedmiotu

Można powiedzieć, że przecież pewien kanon jest powszechnie znany. Problem jest znacznie szerszy i bardziej złożony. Aby go przybliżyć, trzeba sięgnąć do historii kierunków obecnie związanych z automatyką i robotyką, a następnie przedstawić podstawowe pojęcia z zakresu automatyki i regulacji i powiązane z nimi treści matematyczne. Jest to punkt wyjścia do przedstawienia tego, co chciałoby się nazwać minimami programowymi z zakresu matematyki na kierunku automatyka i robotyka i na kierunkach pokrewnych, a co ze względu na brak tego pojęcia w obecnym systemie szkolnictwa wyższego zostało nazwane „dobrymi praktykami w nauczaniu matematyki na kierunku automatyka i robotyka oraz na kierunkach pokrewnych”.

Motyacją do prac nad stworzeniem odpowiednika wspomnianych wyżej minimów programowych z przedmiotu matematyka, obligatoryjnie realizowanego na kierunku automatyka i robotyka oraz na kierunkach pokrewnych, była prośba Komitetu Automatyki i Robotyki PAN o przygotowanie propozycji minimum programowego z tego przedmiotu. Przedstawiona jesienią 2024 roku autorska propozycja została poddana dyskusji i ocenie przez członków tego Komitetu, a jej efekt końcowy (przygotowana propozycja z niewielkimi zmianami) przedstawiamy poniżej.

1.2. Z historii kształcenia w zakresie automatyki i robotyki w Polsce

Początki kształcenia w zakresie automatyki i robotyki na polskich uczelniach technicznych sięgają lat sześćdziesiątych XX wieku. W pierwszych latach była to najczęściej specjalność realizowana na kierunku elektrotechnika na czwartym i piątym roku jednolitych studiów magisterskich [1], ale już w latach siedemdziesiątych na studiach technicznych pojawił się nowy kierunek: automatyka i robotyka. Funkcjonuje on na zdecydowanej większości uczelni technicznych do dziś, chociaż czasem pod nieco inną nazwą, na przykład: automatyka, robotyka i systemy sterowania (Politechnika Gdańska), automatyka i robotyka stosowana (Politechnika Warszawska), automatyka przemysłowa i robotyka (Akademia Górniczo-Hutnicza). Te i inne istniejące modyfikacje nazwy kierunku automatyka i robotyka są najczęściej skutkiem wprowadzenia *Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* [2], w myśl której na uczelni może istnieć tylko jeden kierunek o danej nazwie.

Warto sięgnąć do historii i przytoczyć dane liczbowe dotyczące programu specjalności automatyka dla rocznika studiów rozpoczynającego się w roku akademickim 1966/1967. Otóż, jak można przeczytać w opracowaniu przygotowanym na potrzeby

Rady Głównej i Szkolnictwa Wyższego przez prof. Edwarda Jezierskiego w 2011 roku [1]: [...] *ogólna liczba zajęć to było obligatoryjnych 4605 godzin kontaktowych, 450 godzin związanych z przygotowaniem pracy dyplomowej, 27 tygodni praktyk oraz 10 tygodni szkolenia wojskowego w okresie letnim. Na zajęcia w uczelni składały się: wykłady (2070 godz.), ćwiczenia (1680 godz.), laboratoria (765 godz.) i projekty (90 godz.). Główne przedmioty były związane z matematyką (480 godz.), fizyką (315 godz.), materiałoznawstwem (90 godz.), mechaniką i projektowaniem konstrukcji mechanicznych (360 godz.), elektrotechniką (390 godz.), metrologią elektryczną (210 godz.), maszynami elektrycznymi (225 godz.), elektroniką i energoelektroniką (210 godz.), teorią sterowania (360 godz.), analogowymi i cyfrowymi podzespołami automatyki (330 godz.), napędami i automatyzacją napędów (165 godz.), systemami automatyki (210 godz.), informatyką (75 godz.), nauką języków obcych (240 godz.), szkoleniem wojskowym (480 godz.), zagadnieniami ekonomiczno-społecznymi (225 godz.), wychowaniem fizycznym (90 godz.), innymi zagadnieniami (150 godz.).* Zarówno przedmioty, które powinny być realizowane w trakcie studiów, główne tematy, które powinny być na nich omawiane, jak i liczba godzin przewidziana do realizacji danego przedmiotu, były określone przez Ministerstwo Szkolnictwa Wyższego i Nauki. Były to tak zwane minima programowe. Dotyczyły one katalogu przedmiotów realizowanych na każdym z kierunków będących w wykazie ministerialnym oraz ich zakresu. W ten sposób były formalnie określone wymagania, które muszą być spełnione, aby student mógł uzyskać dyplom lub tytuł zawodowy na określonym kierunku studiów.

W 2006 roku rozpoczęły się prace nad przygotowaniem i wdrożeniem Polskiej Ramy Kwalifikacji, czyli nad wykazem umiejętności, wiedzy i kompetencji społecznych, jakie dana osoba powinna posiadać, by poprawnie wykonywać zadania typowe dla danego zawodu. Należy przy tym zaznaczyć, że kwalifikacje i kompetencje to dwa odrębne terminy. Kwalifikacje to formalne potwierdzenie posiadania wiedzy i umiejętności (najczęściej w postaci dyplomów, certyfikatów i świadectw), natomiast kompetencje to rzeczywiste zdolności i umiejętności, które pozwalają na efektywne wykorzystanie nabytej wiedzy i umiejętności w praktyce. W efekcie *Ustawą z dnia 22 grudnia 2015 roku o Zintegrowanym Systemie Kwalifikacji* [3, 4] oraz *Ustawą z dnia 23 czerwca 2016 r. o zmianie ustawy – Prawo o szkolnictwie wyższym oraz niektórych innych staw* [5] wprowadzono Polską Ramę Kwalifikacji (PRK). W zasadniczy sposób zmieniła ona patrznie na wymagania stawiane zarówno studentom, jak i nauczycielom akademickim.

Polska Rama Kwalifikacji (podobnie jak Europejska Rama Kwalifikacji) składa się z ośmiu poziomów kwalifikacji, a każdy z nich opisywany jest za pomocą ogólnych stwierdzeń charakteryzujących efekty uczenia się, jakie musi potwierdzać dana kwalifikacja. Należy też zwrócić uwagę na fakt, że w PRK występują dwustopniowe charakterystyki poziomów. Charakterystyki poziomów pierwszego stopnia są uniwersalne i dotyczą wszystkich rodzajów edukacji [6]. Co więcej, w PRK uwzględniane są efekty uczenia się

osiągnięte nie tylko w ramach edukacji szkolnej lub prowadzonej na uczelniach, ale też nabyte w inny sposób (na przykład w trakcie kursów, szkoleń, jako doświadczenie zawodowe czy samodoskonalenie). Wymogiem Państwowej Komisji Akredytacyjnej jest, aby treści programowe przedmiotów realizowanych w trakcie pierwszego i drugiego stopnia studiów były zgodne z założonymi efektami uczenia się oraz z aktualnym stanem wiedzy i metodyki badań w dyscyplinie/dyscyplinach, do której/których kierunku jest przyporządkowany, oraz z zakresem działalności naukowej uczelni w tej dyscyplinie/dyscyplinach. W zakresie przedmiotów podstawowych w *Standardach i kryteriach akredytacji KAUT/ENAE dla studiów pierwszego stopnia w dziedzinie nauk inżyniersko-technicznych* można przeczytać, że efekty uczenia się zawarte w treściach przedmiotów podstawowych (*matematyka, fizyka, informatyka, chemia, biologia itp.*) umożliwiają formułowanie i rozwiązywanie prostych zadań w reprezentowanej dyscyplinie inżynierskiej oraz pozwalają na zrozumienie szerokiego interdyscyplinarnego charakteru nauk technicznych [7]. W innym miejscu tego dokumentu można przeczytać, że: *Program studiów w zakresie przedmiotów podstawowych (zgodnie z zaleceniami FEANI) przewiduje minimalną liczbę punktów ECTS oraz godzin (na studiach stacjonarnych) z bezpośrednim udziałem nauczycieli akademickich lub innych osób prowadzących zajęcia i studentów, zapewniającą uzyskanie niezbędnych kompetencji inżynierskich:*

- *w zakresie przedmiotów matematycznych i fizycznych łącznie w wymiarze nie mniejszym niż 24 punkty ECTS, w tym z przedmiotów matematycznych co najmniej 180 godzin dydaktycznych, a z przedmiotów fizycznych co najmniej 60 godzin dydaktycznych (nie dotyczy kierunków, dla których obowiązują krajowe bądź zagraniczne standardy kształcenia), [...].*

Takie podejście do tworzenia programów studiów, a co za tym idzie kart przedmiotów prowokuje częste pytania o to, czego powinniśmy uczyć w ramach przedmiotu matematyka na kierunku automatyka i robotyka oraz na kierunkach pokrewnych. Jak już było wspomniane, można powiedzieć, że przecież pewien kanon jest znany. W jego zakres wchodzi szeroko rozumiana analiza matematyczna I, algebra liniowa z geometrią, analiza matematyczna II, równania różniczkowe, rachunek prawdopodobieństwa i statystyka matematyczna. Zakres materiału jest szeroki. Ale problem jest znacznie szerszy i znacznie bardziej złożony.

Zgodnie z obowiązującymi przepisami Ustawy 2.0 o szkolnictwie wyższym [2] w Polsce na kierunkach technicznych kształcenie może odbywać się na studiach inżynierskich, studiach dualnych oraz na studiach zawodowych. Ani Ustawa 2.0, ani inne akty prawne nie określają liczby godzin matematyki na studiach, ponieważ studia w Polsce są regulowane przez programy studiów uchwalane przez uczelnie, a nie przez przepisy o minimalnej liczbie godzin poszczególnych przedmiotów. Minimalna liczba godzin to najczęściej 120 godzin w całym cyklu kształcenia (w Politechnice Białostockiej jest regulowane *Uchwałą nr 161/XVII/XVI/2022 Senatu Politechniki Białostockiej*

z dnia 20 stycznia 2022 r.). Biorąc pod uwagę zróżnicowany charakter tych studiów, zróżnicowane wymagania stawiane absolwentom kierunku automatyka i robotyka oraz kierunków pokrewnych, a także minimalną liczbę godzin, powstaje pytanie, jak najbardziej efektywnie te godziny wykorzystać, jakie zagadnienia poruszać.

1.3. Przyjęte założenia

Po uwzględnieniu wymienionych faktów poniżej zostanie udzielona odpowiedź na pytanie, czego należy uczyć na przedmiocie matematyka realizowanym na kierunku automatyka i robotyka oraz na kierunkach pokrewnych. Punktem wyjścia była analiza podstawowych pojęć niezbędnych do realizacji kluczowych przedmiotów kierunkowych oraz niezbędnych do ich zrozumienia terminów i faktów matematycznych. Jednak, biorąc pod uwagę możliwość kształcenia w zakresie automatyki i robotyki na różnych profilach studiów (profil ogólnoakademicki, dualny, praktyczny) oraz różny stopień przygotowania kandydatów do ich podjęcia, należało przyjąć pewne ogólne założenia. Minimalne wymagania programowe w zakresie kształcenia matematycznego są następujące:

- dotyczą pierwszego stopnia kierunku automatyka i robotyka oraz kierunków pokrewnych,
- dotyczą studiów pierwszego stopnia o profilu ogólnoakademickim, studiów praktycznych (zawodowych) oraz studiów dualnych,
- kandydat na studia pierwszego stopnia wymienionych kierunków zdał maturę z matematyki, przy czym nie musi to być matura zdana na poziomie rozszerzonym,
- minimalna liczba godzin przeznaczona na realizację matematyki to 120 godzin w całym cyklu kształcenia.

1.4. Powiązanie treści programowych z matematyki z podstawowymi pojęciami z zakresu automatyki

Do głównych pojęć nie tylko automatyki [8, 9], ale także teorii sterowania [10–12], sterowania robotami itp., które student powinien nie tylko znać, ale też rozumieć i umieć się nimi posługiwać przy analizie i rozwiązywaniu problemów inżynierskich, należą takie pojęcia jak transmitancja operatorowa, równania stanu, charakterystyki czasowe (podstawowe elementy automatyki) czy charakterystyki częstotliwościowe (np. [10, 13]). Oczywiście można mnożyć katalog pojęć i metod z automatyki i robotyki, których zrozumienie jest niezbędne w praktyce inżynierskiej, ale wymienione powyżej są kluczowe dla samej automatyki, procesów sterowania i regulacji, zastosowań

w projektowaniu maszyn i mechanizmów. W tabelach 1.1–1.3 przedstawiono kluczowe pojęcia automatyki oraz niezbędne do ich zrozumienia terminy matematyczne. Poniżej zostaną one zestawione z niezbędnymi do ich zrozumienia terminami z matematyki.

Tabela 1.1

Porównanie podstawowych pojęć związanych z transmitancją operatorową i równaniami stanu wraz z potrzebnymi do ich zrozumienia wiadomościami z matematyki

Automatyka	Matematyka
<p>Równanie stanu układu/system</p> $\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t)$ <p>gdzie: A i B – macierze kwadratowe, t – zmienna rzeczywista, $x(\cdot)$ – wektor stanu, $u(\cdot)$ – wektor wejść, czyli sygnałów, które pobudzają system</p>	<ul style="list-style-type: none"> – równanie różniczkowe liniowe pierwszego rzędu, – rachunek macierzowy, – rachunek wektorowy
<p>Opis układu/systemu wejście-wyjście</p> $a_n \frac{d^n y}{dt^n} + \dots + a_1 \frac{dy}{dt} + a_0 y$ $= b_m \frac{d^n u}{dt^n} + \dots + b_1 \frac{du}{dt} + b_0 u$ <p>gdzie: t – zmienna rzeczywista, $y(\cdot)$ – dane lub sygnały, które są wysyłane przez system, $u(\cdot)$ – dane lub sygnały, które system odbiera, $a_i, i = 1, \dots, n, b_j, j = 1, \dots, m$ – współczynniki rzeczywiste</p>	<ul style="list-style-type: none"> – równanie różniczkowe liniowe n-tego rzędu o stałych współczynnikach, w tym stabilność ich rozwiązań
<p>Transmitancja operatorowa</p> <p>układu/systemu wejście-wyjście, czyli stosunek transformaty Laplace'a wyjścia układu $Y(s) = L[y(t)]$ do transformaty Laplace'a wejścia $U(s) = L[u(t)]$ tego układu:</p> $G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{b_m s^m + \dots + b_1 s + b_0}{a_n s^n + \dots + a_1 s + a_0}$ <p>gdzie s – zmienna zespolona</p>	<ul style="list-style-type: none"> – zmienna zespolona, – funkcja wielomianowa zespolona, – transformata Laplace'a oryginału $f(t)$, czyli $F(s) = F[f(t)] = \int_0^{\infty} f(t) e^{st} dt$ <ul style="list-style-type: none"> – metody wyznaczania odwrotnej transformaty Laplace'a $L^{-1}[F(s)]$, w szczególności rozkład funkcji wymiernej na ułamki proste

Tabela 1.2

Porównanie pojęć dotyczących podstawowych elementów automatyki wraz z niezbędnymi do ich zrozumienia wiadomościami z matematyki

Automatyka	Matematyka
<p>Element proporcjonalny</p> $y(t) = Ku(t)$ <p>gdzie: K – stała dodatnia (współczynnik wzmocnienia), t – zmienna rzeczywista, $y(\cdot)$ – dane lub sygnały, które system wysyła, $u(\cdot)$ – dane lub sygnały, które system odbiera</p>	<p>– funkcja liniowa</p>
<p>Element inercyjny pierwszego rzędu</p> $T \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = Ku(t)$ <p>gdzie T – stała dodatnia (stała czasowa)</p>	<p>– równanie różniczkowe liniowe pierwszego rzędu</p>
<p>Element całkujący</p> $\frac{dy(t)}{dt} = Ku(t)$ <p>lub równoważnie</p> $T \frac{dy(t)}{dt} = u(t)$	<p>– równanie różniczkowe liniowe pierwszego rzędu</p>
<p>Element różniczkujący rzeczywisty</p> $T \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = K \frac{du(t)}{dt}$	<p>– równanie różniczkowe liniowe pierwszego rzędu</p>
<p>Element oscylacyjny drugiego rzędu</p> $T^2 \frac{d^2y(t)}{dt^2} + 2\zeta T \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = Ku(t)$	<p>– równanie różniczkowe liniowe drugiego rzędu, – analiza rozwiązań równania kwadratowego w dziedzinie zespolonej</p>

Tabela 1.3

Porównanie podstawowych pojęć dotyczących charakterystyk częstotliwościowych i potrzebnych do ich zrozumienia wiadomości z matematyki

Automatyka	Matematyka
<p>Transmitancja widmowa</p> $G(j\omega) = G(s)_{s=j\omega} = P(\omega) + jQ(\omega)$ <p>lub</p> $G(j\omega) = \frac{Y(j\omega)}{U(j\omega)}$ <p>gdzie:</p> $j^2 = -1,$ <p>ω – pulsacja,</p> $U(j\omega) = U_m e^{j\phi_u}, Y(j\omega) = Y_m e^{j\phi_y}$ <p>$\phi_u(\phi_y)$ – faza początkowa sinusoidalnego sygnału wejściowego (wyjściowego)</p>	<p>– funkcje zmiennej zespolonej, w tym część rzeczywista i urojona funkcji zespolonej oraz postać wykładnicza funkcji zmiennej zespolonej</p>
<p>Charakterystyka amplitudowa</p> $ G(j\omega) = \sqrt{P^2(\omega) + Q^2(\omega)}$	<p>– moduł funkcji zmiennej zespolonej</p>
<p>Charakterystyka fazowa</p> $\phi(\omega) = \arg G(j\omega)$	<p>– argument funkcji zmiennej zespolonej</p>

1.5. Matematyka – treści programowe

Na podstawie przedstawionej analizy podstawowych pojęć automatyki i ich powiązania z pojęciami i faktami matematycznymi niezbędnymi do zrozumienia i realizacji treści przedstawionych w drugiej kolumnie każdej z powyższych tabel, poniżej przedstawione zostaną treści programowe z przedmiotu matematyka, z wyszczególnieniem działów, które powinny być realizowane na kierunku automatyka i robotyka oraz na kierunkach pokrewnych. Ten proponowany katalog jest odpowiednikiem minimów programowych z zakresu matematyki dla kierunku automatyka i robotyka i kierunków pokrewnych, które, jak już było wspomniane, ze względu na brak tego pojęcia w obecnym systemie szkolnictwa wyższego zostały nazwane „dobrymi praktykami w nauczaniu matematyki na kierunku automatyka i robotyka oraz na kierunkach pokrewnych”.

Treści programowe z przedmiotu matematyka w algebrze liniowej:

- rachunek wektorowy w R^n ,
- liczby zespolone: działania na liczbach zespolonych, argument liczby zespolonej, postać trygonometryczna i wykładnicza,
- rachunek macierzowy, potęgowanie macierzy (w tym twierdzenie Cayleya–Hamiltona), wyznacznik, rząd macierzy, wektory i wartości własne macierzy,
- równania liniowe.

Treści programowe z przedmiotu matematyka w obszarze własności funkcji jednej zmiennej:

- funkcja, dziedzina, zbiór wartości, parzystość, nieparzystość,
- granica funkcji, ciągłość, asymptoty.

Treści programowe z przedmiotu matematyka w rachunku różniczkowym funkcji jednej zmiennej:

- pochodna funkcji, jej interpretacja geometryczna i fizyczna, podstawowe własności,
- zastosowania pochodnej: ekstrema funkcji, reguła de l’Hospitála, wklęsłość, wypukłość funkcji.

Treści programowe z przedmiotu matematyka w rachunku całkowym funkcji jednej zmiennej:

- całka nieoznaczona, całkowanie przez części, przez podstawienie, całkowanie funkcji wymiernych (w tym rozkład funkcji wymiernej na ułamki proste),
- całka oznaczona i jej zastosowania geometryczne, całka niewłaściwa.

Treści programowe z przedmiotu matematyka w rachunku różniczkowym funkcji wielu zmiennych:

- pochodne cząstkowe pierwszego rzędu i wyższych rzędów, twierdzenie Schwarz’a, gradient, pochodna kierunkowa,
- ekstrema funkcji wielu zmiennych.

Treści programowe z przedmiotu matematyka w obszarze funkcji zmiennej zespolonej:

- część rzeczywista i urojona, argument funkcji zmiennej zespolonej, funkcja e^z , logarytm zespolony,
- warunki Cauchy’ego–Riemanna, funkcja holomorficzna,
- transformata Laplace’a: oryginał, funkcja Heaviside’a, twierdzenia o przesunięciu rzeczywistym i o przesunięciu zespolonym, spłot, metody wyznaczania odwrotnej transformaty Laplace’a.

Treści programowe z przedmiotu matematyka w równaniach różniczkowych:

- równania różniczkowe pierwszego rzędu: warunek początkowy, równania o zmiennych rozdzielonych, równania liniowe,
- równania różniczkowe n -tego rzędu: warunki początkowe a warunki brzegowe, równania liniowe n -tego rzędu jednorodne i niejednorodne, stabilność rozwiązań równań różniczkowych,
- metoda operatorowa rozwiązywania równań różniczkowych i układów równań różniczkowych.

Na realizację powyższego zakresu zagadnień w ramach przedmiotu matematyka na kierunku automatyka i robotyka oraz na kierunkach pokrewnych przewidziano 120 godzin. Jak można zauważyć, w tej propozycji nie został uwzględniony rachunek całkowy funkcji wielu zmiennych, natomiast pojawiają się elementy analizy zespolonej, ze względu na jej bezpośrednie zastosowania w automatyce.

1.6. Podsumowanie

Biorąc pod uwagę zarówno zróżnicowany charakter istniejących kierunków studiów pierwszego stopnia, na których kształcenie jest prowadzone w zakresie automatyki i robotyki, kompetencje, jakie powinni posiadać ich absolwenci, oraz brak określonych minimów programowych w zakresie kształcenia matematycznego na tych kierunkach, powyżej starano się odpowiedzieć na pytanie, czego uczyć na matematyce na tych kierunkach. Autorska propozycja, będąca odpowiednikiem wyżej wymienionych minimów programowych, została opracowana po dokładnej analizie kluczowych pojęć z zakresu automatyki, sterowania i regulacji, które są niezbędne do projektowania systemów automatyzacji, robotyzacji, systemów mechatronicznych i tym podobnych (tab. 1.1–1.3). Została też uwzględniona minimalna liczba godzin wymaganych do realizacji przedmiotu matematyka na kierunkach technicznych.

Bibliografia

- [1] E. Jezierski, *Kształcenie na kierunkach studiów związanych z automatyką*, Postępy automatyki i robotyki, cz. 2, red. K. Malinowski, R. Dindorf, 465–476, Politechnika Świętokrzyska, Kielce 2011
- [2] *Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz.U. 2018 poz. 1668)
- [3] *Ustawa z dnia 22 grudnia 2015 r. o Zintegrowanym Systemie Kwalifikacji* (Dz.U. 2016 poz. 64)

- [4] *Ustawa z dnia 23 czerwca 2016 r. o zmianie ustawy o systemie oświaty oraz niektórych innych ustaw* (Dz.U. 2016 poz. 1010)
- [5] *Ustawa z dnia 23 czerwca 2016 r. o zmianie ustawy – Prawo o szkolnictwie wyższym oraz niektórych innych ustaw* (Dz.U. 2016 poz. 1311)
- [6] *Rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 14 listopada 2018 r. w sprawie charakterystyk drugiego stopnia efektów uczenia się dla kwalifikacji na poziomach 6–8 Polskiej Ramy Kwalifikacji* (Dz.U. 2018 poz. 2218)
- [7] *Standardy i kryteria akredytacji KAUT/ENAE dla studiów pierwszego stopnia w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych*, https://kaut.agh.edu.pl/home/kaut/dokumenty/akredytacje/akredytacja_maj_2024/Standardy_I_stopien_KAUT_ENAEE_maj_2024.pdf [15.09.2025]
- [8] A. Dębowski, *Automatyka. Podstawy teorii*, Wydawnictwo WNT, Warszawa 2016
- [9] J. Kowal, *Podstawy automatyki*, Wydawnictwa AGH, Kraków 2024
- [10] J. Kabziński, *Teoria sterowania. Projektowanie układów regulacji*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2021
- [11] W. Mitkowski, *Zarys teorii sterowania*, Wydawnictwa AGH, Kraków 2019
- [12] E. Rosołowski, *Podstawy regulacji automatycznej*, https://rose.pwr.edu.pl/dyd/Podst_aut/Podstawy_Auto.pdf [11.08.2025]
- [13] A. Kosior, *Teoria maszyn i podstawy automatyki*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2021

Wykorzystanie ChatGPT przez studentów z perspektywy studenta i nauczyciela akademickiego

Ewa Pawłuszewicz¹ , Grzegorz Pawłuszewicz²

¹ Politechnika Białostocka, Wydział Mechaniczny, Katedra Automatykacji Procesów Przemysłowych, e-mail: e.pawluszewicz@pb.edu.pl

² Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej, e-mail: pawluszewicz@student.agh.pl

2.1. Wstęp

ChatGPT to w rzeczywistości model językowy opracowany przez OpenAI, bazujący na zaawansowanej architekturze GPT (*Generative Pre-trained Transformer*). Jego celem jest generowanie tekstu na podstawie zapytań użytkownika. ChatGPT nie tylko szeroko wkracza na uczelnie, ale też w pewnym sensie staje się elementem naszej rzeczywistości. Można zaryzykować stwierdzenie, że pracownicy uczelni oraz studenci korzystają z niego prawie codziennie. Można spotkać się ze stwierdzeniami, że ChatGPT napisze każdy tekst, rozwiąże każde zadanie, wygeneruje kod programu. Może to i prawda, ale wygenerowany tekst, wynik, plik trzeba przeanalizować, sprawdzić jego kontekst, prawdziwość i wyciągnąć wnioski. W prostszych zadaniach akademickich faktycznie ChatGPT może wygenerować poprawne rozwiązanie, napisać poprawny tekst, wygenerować poprawny kod programu. Ale to nie rozwiązuje wszystkich problemów. Ktoś musi narzędzia wykorzystywane przez ChatGPT stworzyć, przetestować, przeanalizować logikę i poprawność ich działania, dostrzec pojawiające się, często na pierwszy rzut oka niewidoczne, osobliwości czy wręcz błędy, w szczególności błędy logiczne. A do tego potrzebna jest wiedza z zakresu matematyki i logiki, programowania, sieci neuronowych i głębokiego uczenia, potrzebna jest umiejętność krytycznego myślenia, dostrzegania związków między zmiennymi, umiejętność analizy i syntezy.

W niniejszym rozdziale podjęto próbę analizy przyczyn, dla których studenci i pracownicy uczelni używają ChatGPT, oraz wyników, które mogą otrzymać w efekcie jego zastosowania. Jako przykłady wykorzystane zostaną zadania egzaminacyjne z przed-

miotu matematyka (drugi semestr) dla studentów pierwszego roku kierunku automatyka i robotyka prowadzonego na Politechnice Białostockiej oraz zadania egzaminacyjne z wybranych przedmiotów realizowanych na studiach pierwszego stopnia AGH.

2.2. Dlaczego studenci i pracownicy uczelni korzystają z ChatGPT?

Choć ChatGPT potrafi być świetnym wsparciem zarówno dla studentów, jak i pracowników uczelni, to prawda jest taka, że powody, dla których obie grupy sięgają po to narzędzie, bywają różne – od tych ambitnych po zdecydowanie mniej chwalebne. Poniżej omówimy kilka z nich.

Po pierwsze często bywa to droga na skróty, a najczęściej wręcz zwykłe lenistwo. Mianowicie, studenci zamiast spędzać godziny nad szukaniem rozwiązania zadania, wystarczy, że wpiszą pytanie i... pojawia się gotowe rozwiązanie. Podobnie pracownicy uczelni – zamiast pisać kolejne pismo czy dokonywać przeglądu literatury wpisują pytanie lub polecenie do ChatGPT i pojawia się rezultat. W obu grupach niektórzy traktują to narzędzie jak magiczny kalkulator do wszystkiego i bez większej refleksji przyjmują wygenerowaną odpowiedź. W ten sposób zadanie jest „odhaczone”, kolejne pismo wygenerowane, czasem karta przedmiotu jest przygotowana, a i bywa, że wykonany jest przegląd literatury do pracy dyplomowej czy do artykułu. Szybko i „bezboleśnie”, niestety często bez głębszej refleksji, bez analizy kontekstu całego zagadnienia/problemu. Jest to rozwiązanie szczególnie niebezpieczne i wręcz naganne w przypadku generowania przeglądu literatury. ChatGPT owszem, może go wygenerować, ale też stworzyć spis literatury, w którym znajdują się pozycje nieistniejące czy linki do nigdy nieistniejących stron internetowych! A co ze zdobytą w ten sposób wiedzą? Niestety, często jest ona powierzchowna i bardzo nietrwała.

Po drugie, użycie ChatGPT bywa istotnym ratunkiem w sytuacji, którą można nazwać „kryzysem terminów”. Takie kryzysy są dobrze znane zarówno pracownikom, jak i studentom, szczególnie pod koniec semestru i na początku sesji, na początku roku kalendarzowego lub tuż przed końcową datą przygotowania dokumentacji. W takich momentach ChatGPT bywa traktowany po prostu jako pogotowie ratunkowe: w przypadku studentów generuje wstępną wersję rozwiązania zadania, projektu lub kodu programu, którą można szybko dopracować. Może też generować próbne egzaminy czy fiszki lub skrótkowce notatek. W przypadku pracowników może generować wstępną wersję dokumentacji lub kolejnego pisma. Ale należy podkreślić, że za każdym razem jest to tylko wersja wstępna, nad którą należy się pochylić i ze zrozumieniem ją przeanalizować i opracować.

Po trzecie, czasem studenci lub szczególnie młodzi pracownicy wiedzą, co robią/piszą, ale chcą, żeby ich praca wyglądała na maksymalnie profesjonalną. Wtedy ChatGPT może pomóc wygładzić tekst, przygotować ładne i wyglądające na profesjonalne grafiki, diagramy, wykresy. Efekt końcowy bywa tak dopracowany, że można odnieść wrażenie, że autor jest ekspertem w danej dziedzinie. Ale też trzeba mieć na uwadze, że w takim przypadku są pewne sformułowania i dość specyficzne słowa, które się powtarzają – tak zwane czerwone flagi, jak na przykład *robust and scalable* / *Here, we systematically investigate...* / *In this work, we present...*. Bywa to szczególnie pomocne przy pisaniu oficjalnych pism czy wniosków o charakterze prawniczym.

W przypadku studentów dochodzi jeszcze jeden motyw skłaniający do użycia ChatGPT, mianowicie łatwe zaliczenie, bez zbędnego wysiłku czy marnowania czasu. Ale bywa to też wymuszone przez prowadzącego, który narzuca zbyt krótkie terminy lub zbyt ambitny projekt na przedmiocie niekierunkowym. Przy prostych zadaniach lub standardowych zadaniach, testach czy krótkich projektach ChatGPT może odgrywać podobną rolę do klasycznej „ściągi”, z tym że jest ona tworzona na konkretne bieżące zapotrzebowanie. Wystarczy wkleić pytanie, skopiować odpowiedź, często nawet bez przeczytania i chwili refleksji, i gotowe. W gorszym przypadku ChatGPT wygeneruje szkic rozwiązania, plan pracy, fragment kodu czy też wyjaśnienie teorii, które następnie student będzie musiał samodzielnie rozwinąć/uzupełnić.

2.3. Najczęściej używane wersje ChatGPT

To, w jaki sposób większość studentów i pracowników uczelni używa ChatGPT, zależy od celu, czasu, który chcą poświęcić, wersji planu i znajomości narzędzia. Obecnie dostępne są plany: Free, Plus oraz Pro. Są też dostępne inne plany ChatGPT, takie jak między innymi ChatGPT Team, ChatGPT Business, ChatGPT Enterprise, ChatGPT Edu, ale w codziennym użyciu są głównie wymienione dwa pierwsze. Najczęstszy scenariusz ich użytkowania w każdym przypadku jest podobny: „wklejasz treść zadania i po chwili masz odpowiedź”, przy czym jakość wygenerowanej odpowiedzi i limity tokenów do wykorzystania zależą od planu i modelu. W 2025 r. domyślnym roboczym modelem językowym jest GPT-4o („omni”) – szybki, multimodalny model do generowania tekstu, obrazów i głosu. Model GPT-4 został wycofany z ChatGPT 30 kwietnia 2025 r. (pozostał w interfejsie programowania aplikacji API – *Application Programming Interface*). Obecnie wersją bezpłatną ChatGPT domyślnie jest GPT-4o, przy czym po wyczerpaniu limitu wiadomości następuje automatyczna zmiana na GPT-4.1 mini (w niektórych konfiguracjach bywa też zmiana na GPT-3.5). Wersja ta jest najczęściej

wykorzystywana do generowania rozwiązań prostych, standardowych zadań, krótkich wypracowań czy fragmentów kodu. Choć generowane odpowiedzi pojawiają się stosunkowo szybko, to mogą zawierać istotne błędy. Część użytkowników nie weryfikuje uzyskanych w ten sposób treści i przepisuje je bez żadnych zmian, licząc na osiągnięcie oczekiwanego efektu (w przypadku studenta będzie nim na przykład zaliczenie, a w przypadku pracownika wygenerowanie poprawnie brzmiącego dokumentu). Model GPT-4o opiera się na architekturze transformer (mechanizm attention, tokenizacja, wstępnie wytrenowane osadzenia na dużych zbiorach danych [1]). Nie „myśli” jak człowiek w sensie przyczynowo-skutkowym ani tym bardziej abstrakcyjnie, kolejne tokeny generuje na podstawie wzorców z danych treningowych. W praktyce rozбивa tekst na elementy, wyróżnia i identyfikuje słowa kluczowe oraz osadza je w zadanym kontekście, aby na tej podstawie wygenerować rozwiązanie, tekst lub kod, który najlepiej odpowiada na zadane polecenie. Wersje płatne (Plus/Pro/Team/Edu (nie wszystkie modele językowe są obecnie dostępne bezpośrednio) są popularne wśród tych osób, które dążą do uzyskania precyzyjnych, rozbudowanych odpowiedzi. Dają pełny dostęp do GPT-4o, GPT-4.1 oraz trybów rozumowania (na przykład o3-pro, o1), które lepiej radzą sobie z wieloetapowymi zadaniami. Potrafią analizować pliki, obrazy i dane, są zatem bardziej przydatne między innymi w programowaniu, analizie sygnałów czy analizie danych. W szczególności mogą być wykorzystywane do poszukiwania rozwiązań bardziej skomplikowanych lub mniej standardowych zadań. Wygenerowane przez Chat Plus GPT-4o lub Chat Plus GPT-5 odpowiedzi są rzadziej kopiowane 1:1, a częściej są materiałem służącym do dalszych modyfikacji.

Do dyspozycji osób zainteresowanych są także różnego rodzaju wtyczki, integracje i narzędzia AI: w VS Code przede wszystkim GitHub Copilot (Chat), w PyCharm i innych IDE JetBrains – JetBrains AI Assistant, w Word i pozostałych aplikacjach pakietu Microsoft – Microsoft Copilot. Są też edytory „AI-native”, takie jak Windsurf (Codeium) czy Cursor. Z reguły takie narzędzia generują kod lub tekst bezpośrednio w projekcie, proponują refaktoryzacje, testy i wyjaśnienia błędów.

Czasem zamiast ChatGPT wykorzystuje się inne modele (na przykład Claude 3.5 Sonnet, Gemini 1.5 Pro/Flash) albo API (*Application Programming Interface*). API to zestaw reguł i metod wywołań, który pozwala aplikacji korzystać z możliwości modelu (oraz z danych/usług zewnętrznych) jako z „wirtualnego pośrednika”. Modele te potrafią przetwarzać tekst i obrazy, a nierzadko również audio/wideo. Co więcej, Claude 3.5 Sonnet uchodzi za model silny w logice, matematyce i programowaniu. Dzięki API jeden program może uzyskać dostęp do funkcji i danych innego systemu, co w praktyce ułatwia integrację i rozszerzanie funkcjonalności różnych aplikacji. Warto wspomnieć

też o podejściu *vibe coding*. W jego założeniu nie trzeba znać języka programowania, aby programować – wystarczy opisać pożądaną efekt, aby AI wygenerowało kod. Jednak zazwyczaj „programowanie” w ten sposób nie wychodzi. Dobrze jest mieć naprawdę solidne podstawy, aby napisać pseudokod, maszynę stanów czy dokładnie opisać pożądaną algorytm lub program. Mimo to *vibe coding* jest o tyle pomocny, że pozwala na pracę w nowym języku bez dokładnej jego znajomości.

Modele językowe, których przykładem jest ChatGPT, bardzo szybko, wręcz ekspresowo, ewoluują. Wystarczy tylko przyrzeć się historii obejmującej ostatnie niecałe pół roku:

- 30 kwietnia 2025 r. – w ChatGPT wycofano GPT-4 i zastąpiono go GPT-4o jako domyślnym modelem w aplikacji (OpenAI Help Center) [2],
- 15 maja 2025 r. – GPT-4.1 trafił do ChatGPT w planach płatnych, GPT-4.1 mini zastąpił GPT-4o mini i stał się modelem zapasowym (*fallback*) w warstwie Free po wyczerpaniu limitów GPT-4o (OpenAI Help Center),
- 10 czerwca 2025 r. – o3-pro (model „rozumujący”) udostępniono użytkownikom Pro/Team w ChatGPT (później także Enterprise/Edu) (OpenAI Help Center),
- uwaga o GPT-5: w czerwcu 2025 r. nie był dostępny w ChatGPT (także jako publiczny preview), oficjalne ogłoszenie GPT-5 nastąpiło 7 sierpnia 2025 r. wraz ze startem stopniowego udostępniania (OpenAI) [3].

Zarówno studenci, jak i pracownicy uczelni korzystają dziś głównie z trzech wariantów w aplikacji ChatGPT: GPT-4o (domyślny), GPT-4.1 mini (model zapasowy/ fallback po wyczerpaniu limitu GPT-4o w wersji Free) oraz modele rozumujące (np. o3-pro) w planach płatnych. GPT-3.5 nie jest już domyślnym modelem w ChatGPT (pozostaje głównie w API). Ich wady i zalety przedstawia tabela 2.1.

Tabela 2.1

Porównanie najczęściej wykorzystywanych wariantów ChatGPT
(stan: czerwiec – sierpień 2025 r.)

Wersja ChatGPT	Dostępność	Zalety	Ograniczenia
GPT-4o	Free (domyślny), Plus/Pro/Team/Edu/Enterprise	multimodalność (tekst/ obraz/audio/wideo), dobra jakość w tekście/kodzie, obsługa plików i przeglądania	limity w warstwie Free; przy bardzo złożonych dowodach ustępuje trybom „rozumującym” (OpenAI)

Tabela 2.1 cd.

GPT-4.1 mini	Free (automatyczny <i>fallback</i> po limitach GPT-4o)	szybki, „lekki”, lepszy do prostszych zadań; dłuższy kontekst niż GPT-4o mini	niższa precyzja niż 4o i tryby rozumowania (OpenAI Help Center)
o3-pro (tryb rozumowania)	płatne (Plus/wyższe plany)	lepsze radzenie sobie z wieloetapowymi zadaniami (logika, STEM, kod)	wolniejszy, bardziej „zasobochłonny” (OpenAI)
GPT-5 Thinking	płatne (Plus, publiczny preview – od 7 sierpnia 2025 r.)	najgłębsze, jak dotąd, rozumowanie, wieloetapowe analizy, trudne problemy	wolniejszy; wyższe limity kosztowe; wersja preview (OpenAI, Business Insider)
GPT-5 Auto	płatne (Plus, preview – 7 sierpnia 2025 r.)	samoczynne przekierowanie promptów: automatycznie wybiera Thinking lub Instant w zależności od złożoności zadania; dobry „domyślny” wybór	czasem wybierze zbyt płytki/głęboki tryb względem oczekiwań (OpenAI)
GPT-5 Instant (czasem oznaczany jako “Fast”)	płatne (Plus, preview – 7 sierpnia 2025 r.)	bardzo szybkie odpowiedzi do prostych zadań, szkiców i krótkich edycji	plytsze rozumowanie niż GPT-5 Thinking/ GPT-5 Auto (Marketing AI Institute, Medium)

2.4. Przykłady rozwiązań zadań przez ChatGPT

Poniżej przytoczymy przykłady rozwiązań kilku zadań egzaminacyjnych uzyskanych za pomocą różnych wersji ChatGPT. Pierwsze zadania są to zadania z egzaminów (elektrotechnika, fizyka półprzewodników) na AGH. Wygenerowane rozwiązania pokazują różnice przedstawione w tabeli 2.1. Druga grupa zadań to zadania egzaminacyjne z PB wraz z komentarzem do wygenerowanych przez różne wersje ChatGPT rozwiązań.

Zadanie 1: W obwodzie RC z napięciem stałym $U = 10 \text{ V}$, rezystorem $R = 1 \text{ k}\Omega$ i kondensatorem $C = 100 \text{ }\mu\text{F}$ oblicz prąd w stanie ustalonym i opisz przebieg ładowania kondensatora.

Rozwiązania, które wygenerował model językowy po wklejeniu treści zadania i komendzie „rozwiąż”, przedstawione są w tabeli 2.2

Tabela 2.2

Porównanie rozwiązania zadania 1 za pomocą różnych wersji ChatGPT

Model	Odpowiedź (skrót)	Uwagi
GPT-3.5 (Free/legacy)	w stanie ustalonym kondensator nie przewodzi prądu stałego, więc $I_\infty = 0$; kondensator ładuje się do napięcia źródła	+ poprawna konkluzja, – brak wyprowadzeń: $\tau = RC, i(t), u_C(t)$
GPT-4o (płatna/Free domyślny)	$I(t) = \frac{U}{R} e^{-\frac{t}{RC}}$ $\tau = RC = 0,1 \text{ s}$ w stanie ustalonym $I_\infty = 0 \text{ A}$ początkowy prąd $I_0 = 10 \text{ mA}$	+ są wzory i obliczenia, – brak dodatkowych informacji dotyczących np. energii w kondensatorze
GPT-5 (Plus, preview od (Plus, preview – stan na 28 sierpnia 2025 r.)	początkowy prąd: $I_0 = \frac{10}{\sqrt{k}\Omega} = 10 \text{ mA}$ stała czasowa: $\tau = 0,1 \text{ s}$ przebieg prądu: $I(t) = 10 \text{ mA} \cdot e^{-\frac{t}{0,2}}$ energia: $E = \frac{1}{2}CU^2 = 5 \text{ m}$ analiza strat: prąd początkowy generuje moc $P_0 = 0,1 \text{ W}$, która maleje wykładniczo	+ pełne wyprowadzenie z analizą czasową i energetyczną włącznie, + materiał do raportu

Zadanie 2: W tranzystorze MOSFET typu n w układzie ze źródłem wspólnym, gdzie $V_{DD} = 5 \text{ V}$, $R_D = 2,2 \text{ k}\Omega$, $V_{th} = 1,2 \text{ V}$, $\mu_n C_{ox} = 200 \mu\text{A/V}^2$, $V_{GS} = 3 \text{ V}$, oblicz prąd drenu I_D , napięcie V_D i określ stan pracy tranzystora.

Rozwiązania generowane przez ChatGPT przedstawia tabela 2.3.

Tabela 2.3

Porównanie rozwiązania zadania 2 za pomocą różnych wersji ChatGPT

<p>GPT-3.5 (wersja bezpłatna)</p>	$I_D = \frac{1}{2} \cdot 200 \cdot 10^{-6} \cdot (3 - 1,2)^2 = 324 \mu\text{A}$ $V_D = 5 - I_D \cdot 2,2 \text{ k}\Omega$ $I_D = \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} (V_{GS} - V_{th})^2 = 324 \mu\text{A}$ $V_{GS} - (0,000324 \cdot 2200) = 4,29 \text{ V}$	<p>+ obliczenia poprawne, – brak weryfikacji trybu pracy i komentarza fizycznego, + szybki wynik liczbowy, dobry do „odhaczenia” zadania, – nieodpowiedni do samodzielnej do nauki</p>
<p>GPT-4o (wersja płatna)</p>	<p>1. Sprawdzenie trybu pracy: $V_{DS} > V_{GS} - V_{th} \rightarrow$ nasycenie.</p> <p>2. $I_D = \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} (V_{GS} - V_{th})^2 = 324 \mu\text{A}$</p> <p>3. $V_D = 5 - (0,000324 \cdot 2200) = 4,29 \text{ V}$</p>	<p>+ jest analiza trybu pracy i wynik liczbowy, – brak interpretacji parametrów układu</p>
<p>GPT-5 (wersja płatna, eksperymentalna)</p>	<p>Krok 1 – tryb pracy: $V_{GS} - V_{th} = 1,8 \text{ V}$</p> <p>Warunek $V_{DS} > 1,8 \text{ V}_t \rightarrow$ spełniony, tranzystor w nasyceniu.</p> <p>Krok 2 – prąd drenu: $I_D = \frac{1}{2} \cdot 200 \mu \left(\frac{\text{A}}{\text{V}} \right)^2 \cdot (1,8)^2 = 324 \mu\text{A}$</p> <p>Krok 3 – napięcie drenu: $V_D = V_{DD} - I_D \cdot R_D = 5 - 0,000324 \cdot 2200 = 4,29 \text{ V}$</p> <p>Krok 4 – komentarz techniczny: MOSFET pracuje w obszarze nasycenia, pełni funkcję źródła prądowego.</p> <p>Margines napięcia $V_{Dssat} \approx 1,8 \text{ V} \rightarrow$ duża liniowość w tym zakresie. Moc strat: $P_D = I_D \cdot V_{DS} \approx 0,23 \text{ mW} \rightarrow$ bezpieczny poziom dla układów małosygnałowych. Punkt pracy można przesuwać, dobierając V_{GS} lub R_D</p>	<p>+ pełna analiza krok po kroku wraz z interpretacją fizyczną, wpływem parametrów na wynik końcowy, również przy uwzględnieniu warunków brzegowych, + wyjaśnione znaczenie liczb, + komentarz do uzyskanych wartości granicznych i ograniczeń, + gotowe dane i objaśnienia do raportu lub publikacji</p>

W kolejnym kroku zostanie zaprezentowany punkt widzenia nauczyciela oceniającego rozwiązania zadań egzaminacyjnych (PB, matematyka II, kierunek AiR) z równań różniczkowych oraz rachunku operatorowego wygenerowane przez ChatGPT. Rozwiązania zadań były generowane w pewnych odstępach czasu, co w niektórych przypadkach dało i inną notację, i czasem inne rozwiązania. Niestety nie zawsze prawdziwe.

Zadanie 3 [4]: Określić postać całki szczególnej równania różniczkowego niejednorodnego, jeśli pierwiastkami charakterystycznymi odpowiadającego mu równania jednorodnego są $\lambda_1 = -kj$, $\lambda_2 = kj$, a prawa strona tego równania jest postaci $f(\tau) = a\sin k\tau + b\cos k\tau$.

Rozwiązanie:

Podgląd od AI (wersja 1): *Ponieważ pierwiastki równania charakterystycznego to $\lambda_1 = -kj$ i $\lambda_2 = kj$, a prawa strona równania jest postaci $f(\tau) = a\sin(k\tau) + b\cos(k\tau)$ to całka szczególna będzie miała postać:*

$$y_p(\tau) = A\tau\sin(k\tau) + B\tau\cos(k\tau)$$

gdzie A i B to stałe do wyznaczenia poprzez podstawienie całki szczególnej do równania różniczkowego i przyrównanie współczynników przy odpowiednich funkcjach.

Przedstawione rozwiązanie można uznać za pełne rozwiązanie powyższego zadania. Jednak AI może wygenerować też inne rozwiązania.

Podgląd od AI (wersja 2): *Całka szczególna dla podanego równania różniczkowego niejednorodnego będzie miała postać $y_s(\tau) = \tau(C_1\cos(k\tau) + C_2\sin(k\tau))$, ponieważ pierwiastki równania charakterystycznego ($\pm kj$) są jednokrotne i pokrywają się z częstością $\sin(k\tau)$ oraz $\cos(k\tau)$ w prawej stronie równania, co wymaga pomnożenia rozwiązania szczególnego przez τ .*

Takie rozwiązanie rodzi wątpliwość o zrozumienie polecenia zadania i o samodzielne jego wykonanie. Należy zauważyć, że pojawia się w nim słowo *częstość*, które nie jest typowe dla równań różniczkowych rozwiązywanych na pierwszym roku, ale jest używane w kontekście analizy częstotliwościowej sygnału.

AI może generować również wyjaśnienia podanych rozwiązań. Co jest istotne, są one przedstawiane krok po kroku. W wielu przypadkach mogą one być pomocne dla studenta w nauce przedmiotu, a dla początkującego nauczyciela akademickiego w przygotowaniu do zajęć i tłumaczeniu rozwiązań w ich trakcie. Niemniej jednak, jak zostanie przedstawione poniżej, trzeba zachować dużą uwagę.

Wyjaśnienie rozwiązania do wersji 2 wygenerowanego przez OpenAI:

1. *Analiza pierwiastków równania jednorodnego: Pierwiastki równania charakterystycznego to $\lambda_1 = -kj$ i $\lambda_2 = kj$ są to pierwiastki rzeczywiste, różne, a co ważne, ich moduł jest równy k (moduł $\pm kj = k$).*
2. *Analiza prawej strony równania: Prawa strona równania ma postać $f(\tau) = a \sin(k\tau) + b \cos(k\tau)$. Częstość składników po prawej stronie jest równa k .*
3. *Porównanie pierwiastków z częstością prawej strony: Ponieważ moduł pierwiastków równania jednorodnego (k) jest taki sam jak częstość składników prawej strony (k), to należy zastosować modyfikację przewidywanego rozwiązania szczególnego.*
4. *Przewidywana postać rozwiązania szczególnego: Zwykle, gdy prawa strona ma postać $a \sin(k\tau) + b \cos(k\tau)$, przewidujemy rozwiązanie postaci $A \cos(k\tau) + B \sin(k\tau)$. Jednakże w tym przypadku (gdy moduł pierwiastków równania jednorodnego odpowiada częstości prawej strony) należy pomnożyć przewidywaną postać przez τ .*
5. *Ostateczna postać całki szczególnej: Dlatego całka szczególna będzie miała postać:*

$$y_s(\tau) = \tau(C_1 \cos(k\tau) + C_2 \sin(k\tau))$$

gdzie:

τ – zmienna niezależna,

k – stała, która pojawia się w pierwiastkach równania charakterystycznego i w prawej stronie równania,

C_1 i C_2 – stałe, które można wyznaczyć po podstawieniu y_s do równania różniczkowego i rozwiązaniu dla nich.

Przedstawione powyżej kroki wygenerowanego rozwiązania są klarowne. Ponownie, dyskusyjne jest w kontekście równań różniczkowych użycie słowa *częstość* w punktach 2–4. Niejasny jest też zapis *moduł $\pm kj = k$* , występujący w punkcie 1. Prawidłowo powinno być: $|\pm kj| = k$.

Zadanie 4: Przy zastosowaniu twierdzenia Borela wyznaczyć odwrotną transformatę Laplace'a funkcji $G(s) = \frac{1}{s(s^2 + k)}$, gdzie k jest sumą cyfr dzisiejszej daty, na przykład suma cyfr w dacie 15 maja 2010 r. to $k = 1 + 5 + 5 + 2 + 1 = 24$.

I tu ciekawostka: jeszcze kilka miesięcy temu ChatGPT miał problem z rozwiązaniem tego zadania, dziś nie ma. Pokazuje to, jak szybko rozwijają się modele językowe.

Podgląd od AI (wersja 1): Aby znaleźć odwrotną transformatę Laplace'a funkcji $G(s) = \frac{1}{s(s^2 + k)}$ za pomocą twierdzenia Borela, najpierw obliczamy k jako sumę cyfr dzisiejszej daty (31 sierpnia 2025), co daje $k = 3 + 1 + 0 + 8 + 2 + 0 + 2 + 5 = 21$.

Następnie stosujemy rozkład na ułamki proste do $G(s)$, uzyskując $G(s) = \frac{1}{k} * \left(\frac{1}{s} - \frac{s}{s^2 + k} \right)$. Korzystając z tego, że $F(s) = \frac{1}{s}$ ma odwrotną transformatę $f(t) = 1$, a $F(s) = \frac{s}{s^2 + k}$ ma odwrotną transformatę $f(t) = \cos(\sqrt{kt})$, otrzymujemy odwrotną transformatę $G(s)$ w postaci $g(t) = \left(1 - \frac{\cos(\sqrt{kt})}{k} \right)$, po podstawieniu wartości k .

Zauważmy, że symbol $*$ jest używany jako symbol mnożenia. Co więcej, jest podana postać odwrotnej transformaty Laplace'a danej funkcji $G(s)$, ale nie ma wyraźnie pokazanej drogi dojścia do funkcji $g(t)$. Poniżej zaprezentowana zostanie metoda objaśnienia rozwiązania przez OpenAI. Widoczna jest przesadnie duża liczba wygenerowanych nawiasów.

Wyjaśnienie (przez OpenAI wygenerowanego rozwiązania):

1. Obliczanie wartości k : Dzisiejsza data to 31 sierpnia 2015 r. Sumujemy cyfry daty: $k = 3 + 1 + 0 + 8 + 2 + 0 + 2 + 5 = 21$.

2. Rozkład na ułamki proste: Funkcja $G(s) = \frac{1}{s(s^2 + k)}$ może zostać rozłożona na ułamki proste: $\frac{1}{s(s^2 + k)} = \frac{A}{s} + \frac{Bs + C}{s^2 + k}$. Mnożąc obie strony przez $s(s^2 + k)$, otrzymujemy:

$$1 = A(s^2 + k) + (Bs + C)s$$

$$1 = As^2 + Ak + Bs^2 + Cs$$

$$1 = (A + B)s^2 + Cs + Ak$$

Porównując współczynniki przy potęgach s : Przy s^2 : $A + B = 0$, Przy s^1 : $C = 0$. Przy s^0 : $Ak = 1$. Z $A + B = 0$ i $Ak = 1$, mamy $A = \frac{1}{k}$ i $B = -\frac{1}{k}$. Ponieważ $C = 0$, otrzymujemy:

$$\frac{1}{s(s^2 + k)} = \left(\frac{1}{k} \right) * \left(\frac{1}{s} \right) + \left(-\frac{1}{k} \right) * \left(\frac{s}{s^2 + k} \right)$$

3. Twierdzenie Borela i odwrotne transformaty: Twierdzenie Borela pozwala nam znaleźć odwrotną transformatę funkcji $G(s)$, gdy jest ona w postaci zsumowanych ułamków prostych. W tym przypadku:

– Odwrotna transformata dla $\frac{1}{s}$: Transformata Laplace'a: $L\{1\} = \frac{1}{s}$. Odwrotna transformata ($g(t)$): $L^{-1}\left\{\frac{1}{s}\right\} = 1$

– Odwrotna transformata dla $\frac{s}{s^2+k}$: Transformata Laplace'a:

$$L\{\cos(\sqrt{k}t)\} = \frac{s}{s^2 + (\sqrt{k})^2} = \frac{s}{s^2 + k}.$$

$$\text{Odwrotna transformata } (g(t)) := L^{-1}\left\{\frac{s}{s^2+k}\right\} = \cos(\sqrt{k}t)$$

4. Łączenie odwrotnych transformat: Teraz łączymy wyniki, stosując stałą $\frac{1}{k}$ z rozkładu:

$$g(t) = L^{-1}\{G(s)\} = L^{-1}\left\{\left(\frac{1}{k}\right) * \left(\frac{1}{s}\right) - \left(\frac{1}{k}\right) * \left(\frac{s}{s^2+k}\right)\right\}$$

$$g(t) = \left(\frac{1}{k}\right) * L^{-1}\left\{\frac{1}{s}\right\} - \left(\frac{1}{k}\right) * L^{-1}\left\{\frac{s}{s^2+k}\right\}$$

$$g(t) = \left(\frac{1}{k}\right) * 1 - \left(\frac{1}{k}\right) * \cos(\sqrt{k}t).$$

Ponownie symbol * jest mylnie użyty jako symbol mnożenia. Bezpośrednio z twierdzenia Borela o splocie [5, 6] wynika, że $L^{-1}[G(s) \cdot F(s)] = L^{-1}[G(s)] * F^{-1}[F(s)]$.

Podgląd od AI (wersja 2): Aby znaleźć odwrotną transformatę funkcji $G(s) = \frac{1}{s(s^2+k)}$

za pomocą twierdzenia Borela (twierdzenie o splotach), należy najpierw wyznaczyć k (suma cyfr dzisiejszej daty 3 września 2025 r., czyli $0 + 3 + 0 + 9 + 2 + 0 + 2 + 5 = 21$, rozłożyć $G(s)$ na ułamki proste oraz zastosować twierdzenie, w wyniku czego otrzymamy

$$f(t) = \frac{1}{k} + \frac{k \cos(\sqrt{kt}) - \cos(\sqrt{kt}) - \sqrt{k} \sin(\sqrt{kt})}{kk}.$$

Wyjaśnienie (przez OpenAI wygenerowanego rozwiązania):

1. Obliczanie wartości k : Dzisiejsza data to 3 września 2025 r.

Suma cyfr: $k = 0 + 3 + 0 + 9 + 2 + 0 + 2 + 5 = 21$. Zatem funkcja to $G(s) = \frac{1}{s(s^2+21)}$.

2. Rozkład na ułamki proste: Rozkładamy funkcję na ułamki proste:

$$G(s) = \frac{1}{s(s^2+k)} = \frac{A}{s} + \frac{Bs+C}{s^2+k}. \text{ Po sprowadzeniu do wspólnego mianownika:}$$

$$1 = A(s^2+k) + (Bs+C)s$$

$$1 = As^2 + Ak + Bs^2 + Cs$$

$$1 = (A+B)s^2 + Cs + Ak$$

Porównując współczynniki: $s^2: A+B=0 \Rightarrow B=-A, s: C=0, \text{ stała } Ak=1 \Rightarrow A=\frac{1}{k}$.

$$\text{Stąd } A = \frac{1}{k}, B = -\frac{1}{k}, C = 0. \text{ Zatem } G(s) = \frac{1}{k} * \left(\frac{1}{s}\right) - \frac{1}{k} * \left(\frac{s}{s^2+k}\right).$$

3. Zastosowanie twierdzenia Borela (o splotach): Twierdzenie Borela mówi, że dla dwóch funkcji $F(s)$ i $H(s)$ o odpowiednich transformatach odwrotnych $f(t)$ i $h(t)$ transformata odwrotna ich iloczynu $F(s)H(s)$ jest równa splotowi $f(t) * h(t)$. W naszym przypadku $G(s) = \left(\frac{1}{s}\right) * \left(\frac{1}{s^2 + k}\right)$. Wiemy, że:

– transformata odwrotna $\frac{1}{s}$ to 1.

– transformata odwrotna $\frac{1}{s^2 + k}$ to $\left(\frac{1}{\sqrt{k}}\right) \sin(\sqrt{k}t)$.

Teraz zastosujemy twierdzenie Borela do obu składników $G(s)$: *Dla pierwszego składnika: $\left(\frac{1}{k}\right), \left(\frac{1}{s}\right), \left(\frac{1}{s^2 + k}\right)$. $f_1(t) = \frac{1}{k} * \left(1 * \left(\frac{1}{\sqrt{k}}\right) \sin(\sqrt{k}t)\right) = \left(\frac{1}{k\sqrt{k}}\right) \sin(\sqrt{k}t)$. *Dla

drugiego składnika: $-\left(\frac{1}{k}\right) \left(\frac{s}{s^2 + k}\right), \left(\frac{1}{s}\right)$. f^2 w tym przypadku będzie splotem transformaty odwrotnej funkcji $\frac{s}{s^2 + k}$, którą jest $\cos(\sqrt{k}t)$ oraz transformaty odwrotnej funkcji $\frac{1}{s}$, którą jest 1. $f_2(t) = -\frac{1}{k} * (\cos(\sqrt{k}t) * 1) = -\frac{1}{k} * \cos(\sqrt{k}t)$.

4. Sumowanie wyników: Transformata odwrotna $G(s)$ to suma transformat odwrotnych obu składników:

$$f(t) = f_1(t) + f_2(t) = \left(\frac{1}{k\sqrt{k}}\right) \sin(\sqrt{k}t) - \frac{1}{k} * \cos(\sqrt{k}t).$$

$$\text{Podstawiając } k = 21: k = 21: f(t) = \left(\frac{1}{21\sqrt{21}}\right) \sin(\sqrt{21}t) - (1/21) \cos(\sqrt{21}t).$$

Co ciekawe, na koniec OpenAI podaje komunikat, który osobę analizującą rozwiązanie powinien co najmniej skłonić do refleksji:

Uwaga: Powyższy sposób zastosowania twierdzenia Borela do iloczynu $F(s)H(s)$ z rozkładu na ułamki proste jest niepoprawny.

Należy też zwrócić uwagę na mylne używanie symbolu * raz jako mnożenie, a innym razem jako splot funkcji. Liczba nawiasów używanych w wygenerowanym rozwiązaniu też jest wręcz niedopuszczalna. Co więcej, są to nawiasy różnej wielkości, bywa, że niedomknięte z jednej strony. Podobnie generowane są symbole pierwiastków: są różnej wielkości, czasem tylko zaznaczone, że w danym miejscu powinien być pierwiastek, ale bez jego wyraźnego zakończenia.

Zadanie 5: Przy wykorzystaniu metody operatorowej rozwiązać równanie:

$$y''(\tau) - y(\tau) = 1(\tau) - 1(\tau - \pi), \text{ jeżeli } y(0) = 0, y'(0) = 1.$$

Podgląd od AI (wersja 1): Zastosuj transformatę Laplace'a do obu stron równania:

$$L\{y''(\tau)\} - L\{y(\tau)\} = L\{1(\tau)\} - L\{1(\tau - \pi)\}$$

Wykorzystując własności transformaty Laplace'a, otrzymujemy:

$$s^2 Y(s) - sy(0) - y'(0) - Y(s) = \left(\frac{1}{s}\right) - \left(\frac{e^{-\pi s}}{s}\right).$$

2. Podstawienie warunków początkowych: Podstawiamy warunki początkowe $y(0) = 0$ i $y'(0) = 1$:

$$s^2 Y(s) - s(0) - 1 - Y(s) = \left(\frac{1}{s}\right) - \left(\frac{e^{-\pi s}}{s}\right)$$

$$s^2 Y(s) - 1 - Y(s) = \left(\frac{1}{s}\right) - \left(\frac{e^{-\pi s}}{s}\right)$$

3. Rozwiązanie dla $Y(s)$: Grupujemy wyrazy z $Y(s)$ i rozwiązujemy równanie algebraiczne:

$$Y(s)(s^2 - 1) = 1 + \left(\frac{1}{s}\right) - \left(\frac{e^{-\pi s}}{s}\right)$$

$$Y(s) = \left(\frac{1}{s^2 - 1}\right) + \left(\frac{1}{s(s^2 - 1)}\right) - \left(\frac{e^{-\pi s}}{s(s^2 - 1)}\right)$$

4. Rozkład na ułamki proste: Rozkładamy wyrażenia na ułamki proste:

$$\frac{1}{s(s^2 - 1)} = \frac{A}{s} + \frac{B}{s-1} + \frac{C}{s+1}$$

$$1 = A(s^2 - 1) + Bs(s+1) + Cs(s-1)$$

$$\text{Dla } s = 0: 1 = A(-1) \Rightarrow A = -1$$

$$\text{Dla } s = 1: 1 = B(2) \Rightarrow B = \frac{1}{2}$$

$$\text{Dla } s = -1: 1 = C(-2) \Rightarrow C = -\frac{1}{2}$$

$$\text{Więc: } \frac{1}{s(s^2 - 1)} = -\frac{1}{s} + \frac{1}{2(s-1)} - \frac{1}{2(s+1)}$$

$$\frac{1}{s^2 - 1} = \frac{1}{(s-1)(s+1)} = \frac{D}{s-1} + \frac{E}{s+1}$$

$$1 = D(s+1) + E(s-1)$$

$$\text{Dla } s = 1: 1 = 2D \Rightarrow D = \frac{1}{2}$$

$$\text{Dla } s = -1: 1 = -2E \Rightarrow E = -\frac{1}{2}$$

$$\text{Więc: } \frac{1}{s^2 - 1} = \frac{1}{2(s-1)} - \frac{1}{2(s+1)}$$

5. Złożenie $Y(s)$: Podstawiamy rozkłady do $Y(s)$:

$$Y(s) = \left[\frac{1}{2(s-1)} - \frac{1}{2(s+1)} \right] + \left[-\frac{1}{s} + \frac{1}{2(s-1)} - \frac{1}{2(s+1)} \right] - e^{-\pi s} \left[-\frac{1}{s} + \frac{1}{2(s-1)} - \frac{1}{2(s+1)} \right]$$

$$Y(s) = -\frac{1}{s} + \frac{1}{s-1} - \frac{1}{s+1} - e^{-\pi s} \left[-\frac{1}{s} + \frac{1}{2(s-1)} - \frac{1}{2(s+1)} \right]$$

Chociaż wygenerowane kroki 1-5 przedstawiają prawidłowy tok rozumowania, to jednak OpenAI podało tylko część rozwiązania: ostatnie równanie jest to równanie algebraiczne, na podstawie którego, stosując odwrotną transformatę Laplace'a, należy wyznaczyć oryginał będący szukanym rozwiązaniem rozważanego równania. Ponowna próba wygenerowania rozwiązania danego równania również doprowadziła do podobnego rezultatu.

Podgląd od AI (wersja 2): Aby rozwiązać podane równanie za pomocą metody operatorowej, należy zastosować transformatę Laplace'a do obu stron równania, uwzględniając warunki początkowe $y(0) = 0$ i $y'(0) = 1$, aby uzyskać funkcję $Y(s) = L\{y(\tau)\}$, a następnie wyznaczyć $y(\tau)$ poprzez transformatę odwrotną.

Wyjaśnienie rozwiązania wygenerowanego przez OpenAI:

1. Transformata Laplace'a: Zastosujemy transformatę Laplace'a do obu stron równania:

$$Ly''(\tau) - y(\tau) = L1(\tau) - 1(\tau - \pi)$$

Należy zwrócić uwagę na sam zapis: $Ly''(\tau) - y(\tau)$. Nie jest on prawidłowy! $Ly''(\tau)$ oznacza, że operator Laplace'a L został zastosowany tylko do funkcji $y''(\tau)$ i w związku z tym mamy $Ly''(\tau) = \int_0^\infty y''(\tau) e^{-s\tau} d\tau$, gdzie s jest zmienną zespoloną. Natomiast $y(\tau)$ jest funkcją rzeczywistą. Czyli w zapisie wyrażenia $Ly''(\tau) - y(\tau)$ kryje się błąd logiczny spowodowany brakiem nawiasów. Podobny błąd występuje też w wyrażeniu $L1(\tau) - 1(\tau - \pi)$.

Korzystając z liniowości transformaty Laplace'a i wzorów na transformatę pochodnych:

$$Ly''(\tau) = sY(s) - sy(0) - y'(0)$$

$$Ly(\tau) = Y(s)$$

$$L1(\tau) = \frac{1}{s}$$

$$L1(\tau - a) = \frac{e^{-as}}{s}$$

Podstawiając dane warunki początkowe $y(0) = 0$ i $y'(0) = 1$:

$$Ly''(\tau) = sY(s) - s(0) - 1 = sY(s) - 1$$

Podstawiając do równania pierwotnego:

$$(sY(s) - 1) - Y(s) = \frac{1}{s} - \frac{e^{-\pi s}}{s}$$

2. Rozwiązanie dla $Y(s)$: Uporządkujmy równanie, aby wyznaczyć $Y(s)$:

$$Y(s)(s-1) - 1 = \frac{1}{s} - \frac{e^{-\pi s}}{s}$$

$$\bullet Y(s)(s-1) = 1 + \frac{1}{s} - \frac{e^{-\pi s}}{s}$$

$$\bullet Y(s) = \left(\frac{1}{s} - 1\right) * \left(1 + \frac{1}{s} - \frac{e^{-\pi s}}{s}\right)$$

$$\bullet Y(s) = \left(\frac{1}{s-1}\right) * \left(1 + \frac{1}{s} - \frac{e^{-\pi s}}{s}\right)$$

$$Y(s) = \frac{1}{s-1} + \frac{1}{s(s-1)} - \frac{e^{-\pi s}}{s(s-1)}$$

3. Rozkład na ułamki proste i transformata odwrotna: Rozbijmy składniki na ułamki proste:

$$\frac{1}{s-1} = \frac{1}{(s-1)(s+1)} = \frac{A}{s-1} + \frac{B}{s+1}$$

$$\frac{1}{s(s-1)} = \frac{1}{s(s-1)(s+1)} = \frac{C}{s} + \frac{D}{s-1} + \frac{E}{s+1}$$

Rozwiązanie tych układów da nam odpowiednie współczynniki. Następnie zastosujemy transformatę odwrotną Laplace'a:

$$L^{-1} \frac{1}{s-1} = \sinh(\tau)$$

$$L^{-1} \frac{1}{s(s-1)} = \cosh(\tau) - 1$$

$$L^{-1} \frac{e^{-\pi s}}{s(s-1)} = \cosh(\tau - \pi) - 1 \quad (\text{dla } \tau \geq \pi)$$

Tutaj pojawia się nie tylko myląca notacja (na przykład $L^{-1} \frac{1}{s-1}$ zamiast $L^{-1} \left\{ \frac{1}{s-1} \right\}$), ale i błędnie wygenerowane odwrotne transformaty Laplace'a poszczególnych funkcji. Wystarczy zajrzeć do jakichkolwiek tablic transformat, aby stwierdzić, że $L^{-1} \left\{ \frac{1}{s-1} \right\} = e^t$, a $L^{-1} \left\{ \frac{e^{-\pi s}}{s(s-1)} \right\} = \cosh(\tau - \pi) - 1$. Natomiast, z dokładnością

do przyjętej przez OpenAI notacji, przyjęty model językowy właściwie wykozystał twierdzenie o przesunięciu rzeczywistym dla transformaty Laplace'a, bowiem faktycznie $L^{-1} \left\{ \frac{e^{-\pi s}}{s(s-1)} \right\} = \cosh(\tau - \pi) - 1$ dla $\tau \geq \pi$, co można zapisać jako:

$$L^{-1} \left\{ \frac{e^{-\pi s}}{s(s-1)} \right\} = [\cosh(\tau - \pi) - 1] 1(\tau - \pi).$$

4. Ostateczne rozwiązanie $y(\tau)$: Zastosowanie transformaty odwrotnej do wyrażenia na $Y(s)$ i uwzględnienie przesunięcia dla terminu z $e^{-\pi s}$ da nam ostateczne rozwiązanie:

$$y(\tau) = \sinh(\tau) + (\cosh(\tau) - 1) - (\cosh(\tau - \pi) - 1) * 1(\tau - \pi)$$

Dla $\tau \geq \pi$ możemy zapisać:

$$y(\tau) = \sinh(\tau) + \cosh(\tau) - 1 - \cosh(\tau - \pi) + 1$$

$$y(\tau) = \sinh(\tau) + \cosh(\tau) - \cosh(\tau - \pi)$$

Dla $\tau < \pi$ mamy:

$$y(\tau) = \sinh(\tau) + \cosh(\tau) - 1.$$

Uwzględniając wcześniejsze uwagi, do otrzymanego rozwiązania należy podejść bardzo krytycznie.

2.5. Refleksje podsumowujące

ChatGPT, jak również i inne modele językowe, w wielu przypadkach mogą być pomocnymi narzędziami do nauki i do przygotowania do zajęć, ale wymagają też logicznego myślenia. Bywa, że w praktyce stają się drogą na skróty do zaliczenia czy przygotowania do zajęć. Czasem z korzyścią dla wiedzy, a czasem wręcz przeciwnie. Należy też zwrócić uwagę na stronę językową generowanych przez OpenAI odpowiedzi do zadań i wyjaśnień. Generowane przez modele językowe zdania często są niedokończone, zbudowane niepoprawnie gramatycznie lub zbyt długie, a przez to trudne do czytania ze zrozumieniem.

I na koniec jeszcze anegdota zasłyszana w Instytucie Fizyki Jądrowej PAN w Krakowie dotycząca tego, ile końców ma kij, która dobrze pokazuje różnice między omawianymi modelami językowymi.

Na pytanie o to, ile końców ma kij, dwa kije i 2,5 kija, uzyskano następujące odpowiedzi:

- GPT-3.5 odpowiada kolejno: 2, 4 i 5, bowiem liniowo skaluje regułę „dwa końce na kij” ($2 \times 2,5 = 5$), nie zastanawiając się nad sensem połówki;
- GPT-4o mówi: 2, 4 i 6, intuicyjnie uznając, że połówka to też osobny przedmiot z dwoma końcami;
- GPT-5 Thinking również podaje 2, 4 i 6, ale *explicitie* rozróżnia dwa modele: fizyczny (przedmiotowy), w którym mamy dwa kije dające cztery końce plus połówkę z kolejnymi dwoma końcami, oraz model czysto algebraiczny, gdzie mnożenie ($2 \times 2,5 = 5$) traktuje „kij” jak jednostkę miary, co fizycznie nie ma sensu – nie istnieje „pół końca”.

Wniosek jest prosty: w świecie przedmiotów poprawna odpowiedź to 6; wynik 5 jest artefaktem błędnej interpretacji. Dobrze pamiętać, że każde cięcie kija tworzy dwa nowe końce, dlatego połówka ma znów dwa, a nie „pół” końca.

Dlaczego tak się dzieje? Otóż „lunatykowanie” modeli to technicznie bias do domyślnego uzupełniania wzorca w autoregresywnym dekodерze: przy niedookreślonym zadaniu model maksymalizuje lokalne prawdopodobieństwo ciągu tokenów i bierze „najkrótszą drogę” (w tym przypadku: liniowe skalowanie dwóch końców kija: $2 \times 2,5 = 5$). To błąd niedopasowania typu: mieszamy „moc zbioru/liczność obiektów” z „miarą/długością”. Aby „wygasić” lunatykowanie, trzeba jawnie zadać ontologię i ograniczenia (typy: „liczba segmentów” vs „długość”; inwariant: $E = 2C$; reguła kompozycji: „połowa” to osobny segment). W praktyce pomaga wymuszenie kroku „sprawdź założenia i inwarianty” (type check + constraint check) oraz testy brzegowe (0, 1, 2, 2,5), które przełączają model z heurystyki wzorca na wnioskowanie zgodne z fizyką obiektu.

Bibliografia

- [1] M. Kapuściński, *Wszystko co chcieliście wiedzieć o ChatGPT, ale boicie się spytać*, <https://ttms.com/pl/wszystko-co-chcieliscie-wiedziec-o-ChatGPT-ale-boicie-sie-spytac/> [1.09.2025]
- [2] <https://help.openai.com/en/articles/6825453-ChatGPT-release-notes> [1.09.2025]
- [3] https://openai.com/pl-PL/index/introducing-gpt-5/?utm_source=ChatGPT.com [1.09.2025]
- [4] L. Siewierski (red.), *Ćwiczenia z analizy matematycznej z zastosowaniami*, tom II, PWN, Warszawa 1981
- [5] E. Pawłuszewicz, K. Piekarski, *Transformaty dla inżynierów. Skrypt dla studentów kierunków automatyka i robotyka, matematyka stosowana, mechatronika, elektrotechnika, informatyka i innych, pokrewnych kierunków*, Oficyna Wydawnicza Uniwersytetu Białostockiego, Białystok 2024
- [6] A. Świetlicka, A. Rybarczyk, A. Jurkowlaniec, *Rachunek operatorowy. Metody rozwiązywania zadań*, wyd. 1, dodruk, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2015

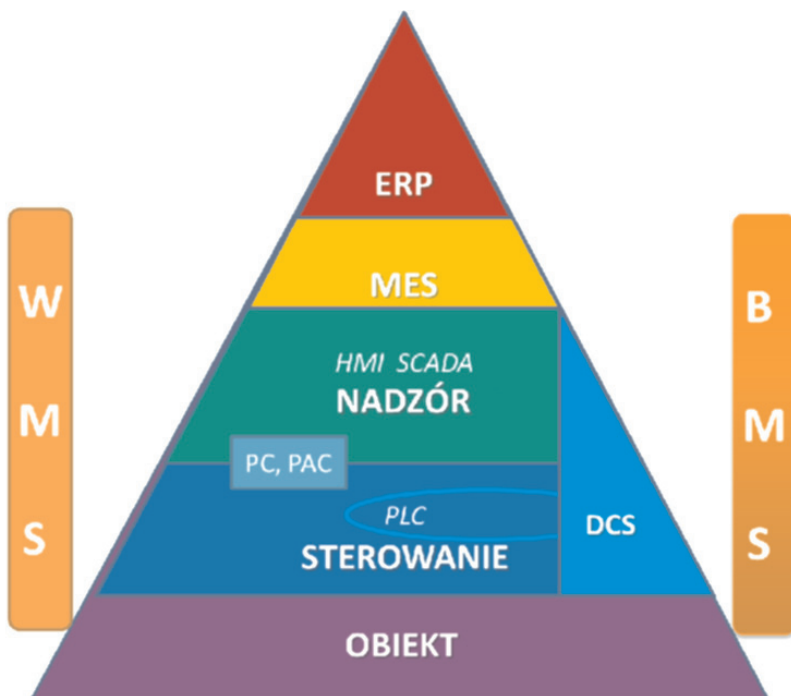
Ewolucja kształcenia w tematyce programowalnych układów automatyki

Krzysztof Jaroszewski 

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Elektryczny, email: krzysztof.jaroszewski@zut.edu.pl

3.1. PLC na tle programowalnych układów automatyki

Termin „programowalne układy automatyki” dotyczy wielu różnych rozwiązań sprzętowych i sprzętowo-programowych, co znajduje odzwierciedlenie w hierarchicznej strukturze systemu sterowania, przedstawianej często w formie piramidy (rys. 3.1).



Rys. 3.1. Hierarchiczna struktura systemu sterowania.
Objaśnienia w tekście

Na każdym poziomie tej piramidy wskazać można element programowalny. Patrząc na piramidę od góry, można zauważyć systemy zarządzania wyższego poziomu, którymi są planowanie zasobów przedsiębiorstwa (*Enterprise Resource Planning – ERP*) oraz zarządzanie produkcją (*Manufacturing Execution System – MES*). Programowalność tych systemów przejawia się w funkcjonalnościach pozwalających na np. generowanie raportów w sposób zindywidualizowany, zależny od potrzeb danego przedsiębiorstwa. Warstwy niższe, do których należą nadzór i sterowanie, wykorzystują takie rozwiązania jak systemy DCS, SCADA czy też urządzenia takie jak PLC i HMI, w tym przeznaczone np. na potrzeby automatyki budynkowej (*Building Management System – BMS*) czy też magazynów (*Warehouse Management System – WMS*). W tej grupie szczególnie istotne są urządzenia stosowane w warstwie sterowania, którymi najczęściej są programowalne sterowniki logiczne (*Programmable Logic Controller – PLC*), w skrócie nazywane sterownikami programowalnymi. To możliwość formułowania algorytmu działania tych urządzeń zapewnia elastyczne kształtowanie sposobu działania obiektu. Powoduje to, że bardzo często określenie „programowalne układy sterowania” odnosi się wężej właśnie do sterowników programowalnych. Po wpisaniu w wyszukiwarce Google np. hasła „programowalne układy automatyki” jako jeden z najwyższej pozycjonowanych wyników otrzymano: stronę Politechniki Warszawskiej z treściami przedmiotu dotyczącego właśnie PLC [1], publikację z Politechniki Wrocławskiej zatytułowaną *Sterowniki programowalne* [2] oraz strony firm branżowych: Astor [3] z poradnikiem *Podstawa systemów automatyki. Czym jest sterownik PLC?* oraz Sabur [4] czy też Jumo [5], na stronach których to firm pojawiają się informacje o możliwościach wdrożenia systemów automatyki za pomocą programowalnych sterowników logicznych.

W dalszej części rozdziału, na przykładzie kierunku automatyka i robotyka Wydziału Elektrycznego Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie, omawiana będzie ewolucja kształcenia na przedmiocie wprowadzającym/przedmiotach wprowadzających w tematykę sterowników programowalnych, pokazująca, w jaki sposób tak nazwa, jak i zakres tematyczny przedmiotu ulegały zmianom. W zależności od analizowanego okresu (2010–2025) przedmioty zawierały treści związane głównie z kształceniem umiejętności stosowania wybranych funkcjonalności lub skupiały się na zastosowaniu PLC w sterowaniu konkretnym obiektem.

3.2. Baza dydaktyczna

W analizowanym okresie lat 2010–2025 baza dydaktyczna związana z kształceniem w obszarze PLC uległa dużej zmianie. Wraz z ogólnym rozwojem branży zmienne było nie tylko podejście do sposobu kształcenia, ale także wykorzystywany sprzęt.

Początkowo, w czasie uruchamiania studiów na kierunku automatyka i robotyka (rok 1994), zajęcia realizowane były na sterowniku Siemens z rodziny S5, model 90. W okresie tym do realizacji prac projektowych i dyplomowych udostępniane były także będące w zasobach Wydziału jednostki takich firm jak Omron oraz Lumel. W analizowanym okresie bazę zajęć związanych z podstawami PLC w obszarze infrastruktury stanowiły trzy sterowniki Siemens S7-200 oraz cztery sterowniki Mitsubishi z serii FX2N, do których w późniejszym czasie dołączyły także dwa kolejne modele firmy Mitsubishi FX3N. Niedługo po wprowadzeniu do oferty przez firmę Siemens rodziny S7-1200 sześć jednostek 1214C DC/DC/DC z tej rodziny zastąpiło użytkowane do tamtej pory sterowniki tej firmy. W kolejnych latach pracownia została doposażona w kolejne sześć jednostek oraz dwanaście paneli operatorskich KTP600 basic color PN. Następnie dokupiono kolejne dwa sterowniki z panelem operatorskim – stanowią podstawę stanowiska dla nauczyciela. Cały sprzęt układu sterowania został zabudowany przez studentów kierunku automatyka i robotyka odbywających praktyki na specjalnie zaprojektowanych i wykonanych standach. Stanowiska te wyposażone w dodatkowe przełączniki, potencjometry, generatory i diody LED wraz z programatorami (komputer ze środowiskiem TIA portal, aktualnie v16) stanowią mobilną bazę do nauki programowania PLC. Swoją wiedzę studenci uzupełniają między innymi ze źródeł [6, 7] autorstwa emerytowanego pracownika Wydziału Elektrycznego oraz innych autorów [8, 9], których publikacje dotyczą tematyki PLC. Oprócz tematów ściśle związanych z PLC w ramach analizowanego przedmiotu przedstawiana jest także problematyka HMI, w szczególności współpraca PLC-HMI. Informacji w tym temacie studenci mogą poszukiwać np. w [10, 11]. Ponadto na wyższych semestrach wiedza i umiejętności z zakresu implementowania układów sterowania z zastosowaniem układów SCADA zdobywane są przez studentów na innych przedmiotach w tej dziedzinie oraz ze źródeł literaturowych takich jak np. [12, 13]. Na bazie tej wiedzy wprowadzane są zagadnienia związane z systemami MES oraz ERP przy wsparciu producentów oprogramowania w postaci dostępnych w formie cyfrowych materiałów informacyjnych o oprogramowaniu [14–18]. Ponadto omawia się zagadnienia związane z systemami DCS [19].

3.3. PLC w programie studiów stopnia pierwszego kierunku automatyka i robotyka

Na Wydziale Elektrycznym ZUT w Szczecinie zajęcia tematycznie związane z PLC realizowane są na kierunkach elektrotechnika oraz automatyka i robotyka. Z uwagi na większą korelację zagadnień z zakresu PLC z kierunkiem automatyka i robotyka przedstawione zostaną informacje związane z tym kierunkiem. Analiza dotyczyła będzie programów studiów z lat 2010–2025. Zbiorczo informacje te zawarte są w tabeli 3.1.

Tabela 3.1

Dane dotyczące przedmiotów na kierunku automatyka i robotyka związanych z podstawami PLC

Siatka na rok akademicki	Wykłady	Laboratoria	Suma	Suma siatka	Udział, %	Semestr	Przedmiot	ECTS
2010/2011	45	–	75	2505	2,99	4	sterowniki programowalne 1	4
	–	30					sterowniki programowalne 2	2
2011/2012	45	–	75	2505	2,99	4	sterowniki programowalne 1	4
	–	30					sterowniki programowalne 2	2
2012/2013	30	30	60	2522	2,38	3	programowalne układy sterowania	2W + 3L
2013/2014	30	30	60	2522	2,38	3	programowalne układy sterowania	2W + 3L
2014/2015	15	30	45	2510	1,79	2	sterowniki swobodnie programowalne	0,8W + 1,2W
2015/2016	15	30	45	2228	2,02	2	sterowniki swobodnie programowalne	1W + 2L
2016/2017	15	30	45	2228	2,02	2	sterowniki swobodnie programowalne	1W + 2L
2017/2018	15	30	45	2233	2,02	2	sterowniki swobodnie programowalne	2W + 3L
2018/2019	15	30	45	2248	2,00	2	sterowniki swobodnie programowalne	2W + 3L
2019/2020	15	45	60	2625	2,29	2	sterowniki swobodnie programowalne	1,4W + 3,6L
2020/2021	15	40	55	2625	2,10	2	sterowniki swobodnie programowalne	1,4W + 3,6L
2021/2022	12	37	49	2625	1,87	2	sterowniki swobodnie programowalne	1,4W + 2,6L
2022/2023	12	37	49	2625	1,87	2	sterowniki swobodnie programowalne	1,4W + 2,6L
2023/2024	12	37	49	2625	1,87	2	sterowniki swobodnie programowalne	1,4W + 2,6L
2024/2025	–	45	45	2650	1,70	1	sterowniki programowalne	4L
2025/2026	–	45	45	2650	1,70	1	sterowniki programowalne	4L

Jak widać w tabeli 3.1, wymiar zajęć zarówno w formie wykładowej, jak i laboratoryjnej ulegał przez 16 lat wielu zmianom. Podlegała im także sumaryczna liczba godzin programu kształcenia. W pierwszych dwóch analizowanych latach podstawy związane z PLC omawiane były na wykładzie (wymiar 45W), który w programie studiów umieszczony był w semestrze czwartym, a praktyczne umiejętności w obszarze PLC studenci nabywali na zajęciach praktycznych – laboratoriach (wymiar 30L) w kolejnym semestrze. W następnych dwóch latach nastąpiła redukcja liczby godzin w ramach zajęć wykładowych do trzydziestu (wymiar 30W), a w programie studiów rozpoczynających się w latach 2014–2020 – już do piętnastu (wymiar 15W). Po kolejnych trzech latach, w których wykład miał wymiar dwunastu godzin (12W), zajęcia wykładowe z siatki godzin zupełnie usunięto.

W ogólności odwrotna tendencja występuje w przypadku zajęć praktycznych – laboratoriów. Od roku 2012 zajęcia wykładowe i laboratoryjne realizowane są w tym samym semestrze. Od początku analizy do roku 2018 wymiar tych zajęć to trzydzieści godzin (30L). W roku 2019, wraz z wprowadzeniem nowych treści, zwiększył się wymiar tych zajęć do czterdziestu pięciu godzin (45L). Do roku 2023 wymiar tych zajęć był jednak stopniowo redukowany: do 40L w roku 2020 i do 37L w roku kolejnym. Od roku 2024 zajęcia laboratoryjne mają wymiar czterdziestu pięciu godzin (45L).

W analizowanym okresie zmieniane było także usytuowanie przedmiotu w siatce studiów. Od roku 2012, kiedy obie formy zajęć realizowane były w tym samym semestrze, przedmiot programowalne układy sterowania umiejscowiony został na trzecim semestrze studiów, podczas gdy w siatkach z lat wcześniejszych przedmioty: sterowniki programowalne 1 – wykład oraz sterowniki programowalne 2 – laboratorium, realizowane były odpowiednio na semestrach czwartym i piątym. Kolejne przesunięcie przedmiotu o nazwie sterowniki swobodnie programowalne miało miejsce w roku 2014, kiedy przedmiot ten realizowano w semestrze drugim. Obecnie, od roku 2024, przedmiot sterowniki programowalne nauczany jest w pierwszym semestrze programu kształcenia.

Rok 2024 pod względem zmian w obszarze kształcenia w tematyce PLC był kluczowy. Pierwszy raz zajęcia z tej tematyki realizowane były już na pierwszym semestrze studiów. Ponadto przedmiot ten nie miał formy wykładu, a jedynie laboratorium. Takie podejście, przy odpowiednio sformułowanych treściach zajęć, pozwoliło na zapoznanie studentów z praktycznymi elementami kształcenia na kierunku już na początku ich procesu kształcenia. Zaobserwowano, że nie występują większe niż w latach wcześniejszych problemy z opanowaniem materiału przez studentów. Na taki stan rzeczy wpływało z pewnością to, że duże grono studentów stanowili uczniowie po technikach na kierunkach, na których omawiana jest tematyka związana z programowaniem PLC. Ponadto odpowiednie wyposażenie laboratorium – stanowiska umożliwiające współpracę oraz standy umożliwiające przeprowadzanie eksperymentów samodzielnie przez studentów – przyczynia się do bezproblemowego osiągania efektów uczenia się przez studentów.

3.4. Treści przedmiotów związanych z podstawami PLC

Wprowadzane w omawianych przedmiotach zmiany w kontekście semestru realizacji oraz liczby godzin na poszczególnych formach zajęć związane były ze zmianami w treściach tych przedmiotów. W latach 2010–2011 treść wykładów nie była podzielona na jednostki tematyczne – nie było takiego formalnego wymogu. Podobnie rzecz się miała w odniesieniu do zajęć laboratoryjnych. I tak, treść wykładu zdefiniowana z podziałem na hasła, była następująca:

- Sterowniki programowalne a współczesna automatyka przemysłowa. Budowa i zasada działania sterowników programowalnych PLC. Języki programowania sterowników programowalnych. Wykonywanie przez sterowniki PLC obliczeń logicznych i arytmetycznych, obliczania liczby zdarzeń i upływu czasu. Wykorzystanie sterowników PLC do sterowania procesami ciągłymi. Projektowanie algorytmów i układów sterowania ze sterownikami programowalnymi z wykorzystaniem języka SFC (*Sequential Function Chart*). Sposoby zapewnienia bezpieczeństwa układowi sterowania, w których wykorzystywane są sterowniki PLC. Dobór sterowników PLC do procesu.

Natomiast treść zajęć laboratoryjnych sformułowana była jako jedno hasło:

- Zaprojektowanie, oprogramowanie i uruchomienie bezpiecznego układu sterowania pracą wybranych urządzeń (przepompownia, sygnalizacja uliczna, przejazd kolejowy, maszyna sortująca paczki, oczyszczalnia ścieków, nawijarka cewek, automat schodowy, tester światłowodów, garaż automatyczny, mieszalnik materiałów sypkich).

Z pojawieniem się Europejskiej Ramy Kalifikacji, a w ślad za nią Polskiej Ramy Kwalifikacji [20, 21], a w konsekwencji wydziałowych ram kwalifikacji, treści programowe dzielone były na jednostki tematyczne ze zdefiniowanym czasem potrzebnym na ich realizację. Znalazło to swoje odzwierciedlenie w siatce z roku 2012, w której treści dla poszczególnych form sformułowano następująco.

Dla wykładu:

- rola sterowników programowalnych we współczesnej automatyce przemysłowej, 1W,
- budowa sterowników programowalnych, 2W,
- cykl pracy sterowników programowalnych, 1W,
- języki programowania sterowników programowalnych, 1W,
- wykonywanie obliczeń logicznych i arytmetycznych w układach ze sterownikami programowalnymi, 5W,

- zliczanie liczby zdarzeń w układach ze sterownikami programowalnymi, 2W,
- pomiar upływu czasu w układach ze sterownikami programowalnymi, 2W,
- wykorzystanie sterowników programowalnych do sterowania procesami ciągłymi, 2W,
- dobór sterownika programowalnego do procesu, 1W,
- projektowanie układu sterowania procesem dyskretnym, 1W,
- projektowanie warstwy sprzętowej układu ze sterownikiem programowalnym, 3W,
- wykorzystanie języka SFC do projektowania algorytmów sterowania dyskretnego, 1W,
- jednografowe algorytmy sterowania procesami technologicznymi, 1W,
- wielografowe algorytmy sterowania procesami technologicznymi, 1W,
- algorytmy wykrywania awarii urządzeń i błędów obsługi, 1W,
- algorytmy sterowania w sytuacjach awaryjnych, 1W,
- algorytmy sterowania w trybie pracy ręcznej, 1W,
- algorytmy bezuderzeniowej zmiany trybu pracy urządzeń sterowanego procesu, 1W,
- projektowanie zagnieżdżonych algorytmów sterowania, 1W,
- tłumaczenie algorytmu zapisanego w języku SFC na inne języki programowania sterowników PLC, 1W.

Dla zajęć laboratoryjnych:

- pisanie i uruchamianie na wybranym typie sterownika programowalnego prostego programu sterowania logicznego z uwarunkowaniami liczbowymi i czasowymi, 4L,
- sterowanie pracą hydroforu, 2L,
- sterowanie światłami na skrzyżowaniu ulic, 2L,
- sterowanie ruchem na przejeździe kolejowym, 2L,
- sterowanie sortownią paczek, 2L,
- sterowanie drzwiami automatycznymi, 2L,
- inteligentna instalacja elektryczna, 2L,
- sterowanie pracą testera światłowodów, 2L,
- obsługa przycisku stopu awaryjnego, 2L,
- algorytm bezuderzeniowej zmiany trybu pracy maszyny technologicznej, 2L,
- sterowanie pracą nawijarki cewek, 4L,
- sterowanie wielostanowiskową linią produkcyjną, 4L.

Łatwo dostrzec, że zdefiniowane w siatkach na lata 2012 i 2013 treści odzwierciedlają treści z lat 2010 i 2011, przy czym dla zajęć laboratoryjnych określone zostały konkretne nazwy ćwiczeń związane z automatyzacją konkretnych obiektów, które

omawiane były w ramach zajęć wykładowych. Z redukcją godzin, począwszy od siatki z roku 2014, z treści wykładów usunięte zostały jednostki:

- projektowanie układu sterowania procesem dyskretnym,
- projektowanie warstwy sprzętowej układu ze sterownikiem programowalnym,
- wykorzystanie języka SFC do projektowania algorytmów sterowania dyskretnego,
- jednografowe algorytmy sterowania procesami technologicznymi,
- wielografowe algorytmy sterowania procesami technologicznymi,
- algorytmy wykrywania awarii urządzeń i błędów obsługi,
- algorytmy sterowania w sytuacjach awaryjnych,
- algorytmy sterowania w trybie pracy ręcznej,
- algorytmy bezuderzeniowej zmiany trybu pracy urządzeń sterowanego procesu,
- projektowanie zagnieżdżonych algorytmów sterowania,
- tłumaczenie algorytmu zapisanego w języku SFC na inne języki programowania sterowników PLC.

Stan taki utrzymał się, pomimo zmian wymiaru godzinowego tych zajęć, do roku 2023, a od roku 2024 nie prowadzi się w tej tematyce zajęć wykładowych.

W odniesieniu do zajęć laboratoryjnych duża zmiana w sformułowaniu treści zaszła w roku 2014, kiedy to jednostki tematyczne określone zostały, nie jak w poprzednich siatkach w kontekście automatyzowanych obiektów, a w kontekście funkcjonalności sterownika, jakie są w ich trakcie omawiane. Kolejne zmiany, już nie tak znaczące, wprowadzane były do sylabusu przedmiotu w latach 2019, 2020 i 2021 i związane były głównie ze zmianą liczby godzin tej formy zajęć. Zmiany te prezentują dane w tabeli 3.2.

Jak zostało wspomniane, od siatki na rok akademicki 2024 przedmiot sterowniki programowalne realizowany jest jedynie w formie laboratorium. Jednakże, jak można wnioskować z tematów jednostek tej formy zajęć, przekazywana jest na nich wiedza i kształtowane są umiejętności w obszarze tematyki zajęć.

Od roku akademickiego 2024/2025 studenci realizują następujące jednostki tematyczne w ramach przedmiotu sterowniki programowalne (wymiar 45L):

- Zajęcia organizacyjne. Wprowadzenie do środowiska programowania, 3L,
- Budowa sterownika PLC. Pamięć w PLC. Cykl pracy PLC, 3L,
- Sygnały boolowskie. Podstawowe operacje bitowe, 3L,
- Zbocze sygnału, 3L,
- Zadanie nr 1, 3L,
- Zliczanie zdarzeń w PLC, 3L,
- Odliczanie czasu w PLC, 6L,
- Zadanie nr 2, 3L,
- Bloki organizacyjne, 3L,
- Sygnały analogowe, 3L,
- HMI, 3L,
- Zadanie podsumowujące, 6L,
- Zajęcia podsumowujące. Zaliczenie, 3L.

Tabela 3.2

Zmiany treści w przedmiocie sterowniki swobodnie programowalne – laboratorium w latach 2014–2023

	2014–2018	2019	2020	2021–2023	
Sterowniki swobodnie programowalne					
Pisanie i uruchamianie na wybranym typie sterownika programowalnego prostego programu sterowania logicznego z uwarunkowaniami liczbowymi i czasowymi	2L	Wprowadzenie do środowiska programowania	2L	Wprowadzenie do formy zajęć	1L
Bitowe operacje logiczne	4L	Zmienne w PLC. Bitowe operacje logiczne. Zbocze sygnału	4L	Wprowadzenie do środowiska programowania. Bitowe operacje logiczne. Cykl pracy sterownika	3L
Wielobitowe operacje logiczne	2L	Zadanie – operacje bitowe, zbocze sygnału	2L	Zmienne w PLC. Zbocze sygnału. Zadania – operacje bitowe, zbocze sygnału	3L
Zliczanie zdarzeń	4L	Odciszanie czasu w PLC	6L	Odciszanie czasu w PLC	3L
Odciszanie upływu czasu	2L	Zadanie – odciszanie upływu czasu	2L	Zadanie – odciszanie upływu czasu	3L
Obliczenia matematyczne w sterownikach programowalnych	2L	Liczenie liczby zdarzeń	2L	Liczenie liczby zdarzeń. Zadanie	3L
Obsługa sygnałów analogowych w sterownikach programowalnych	4L	Wizualizacja: połączenie PLC i HMI	2L	Wymiana danych z PLC: połączenie PLC i HMI – wizualizacja. Web server. PLC–PLC	3L

Tabela 3.2 cd.

	2014–2018	2019	2020	2021–2023
Sterowniki swobodnie programowalne				
Wykorzystanie funkcji systemu operacyjnego sterownika programowalnego	4L	Wizualizacja: Web Server na PLC 2L	Zadanie sprawdzające stopień opanowania materiału 3L	Zadanie sprawdzające stopień opanowania materiału 3L
Komunikacja w systemach sterowania wykorzystujących sterowniki programowalne	2L	Połączenie PLC – PLC 2L	Wyrażenia i operatory języka tekstu strukturalnego 2L	Wyrażenia i operatory języka tekstu strukturalnego 2L
Panele operatorskie	4L	Zadanie – obliczenie liczby zdarzeń oraz wizualizacja 6L	Przerwania, obsługa kanałów analogowych, obliczenia arytmetyczne. Funkcje i bloki funkcyjne 6L	Przerwania, obsługa kanałów analogowych, obliczenia arytmetyczne. Funkcje i bloki funkcyjne 3L
		Przerwania, obsługa kanałów analogowych, obliczenia arytmetyczne. Funkcje i bloki funkcyjne 4L	Język tekstu strukturalnego – wprowadzenie. Wywołanie funkcji i bloków funkcji w języku tekstu strukturalnego 3L	Język tekstu strukturalnego – wprowadzenie. Wywołanie funkcji i bloków funkcji w języku tekstu strukturalnego 3L
		Język tekstu strukturalnego – wprowadzenie 2L	Zadanie podsumowujące 6L	Zadanie podsumowujące 6L
		Wyrażenia i operatory języka tekstu strukturalnego 2L	Zaliczenie formy zajęć 1L	Zaliczenie formy zajęć 1L
		Instrukcje w języku tekstu strukturalnego 2L		
		Wywołanie funkcji i bloków funkcji w języku tekstu strukturalnego 2L		
		Zadanie – język tekstu strukturalnego 3L		
	30L	45L	40L	37L

Warto w tym miejscu zaznaczyć, że żadne treści, które były realizowane w przedmiotach występujących w siatkach lat wcześniejszych niż siatka z roku 2024, nie zostały usunięte z programu studiów. Zostały one przesunięte do treści innych przedmiotów, których tematyka dotyczy szeroko rozumianego projektowania układów sterowania zawierających jako układ regulacji sterownik PLC. W szczególności treści te były realizowane w siatkach z lat 2014–2023 w przedmiocie projektowanie układów sterowania dyskretnego prowadzonym w wymiarze 15W, 30L.

3.5. Podsumowanie

Przedstawione i przeanalizowane zmiany kształcenia w zakresie podstaw PLC wynikały z różnych przyczyn. Zachodziły one na tle zmieniającej się sumarycznej liczby godzin w siatkach studiów. Wprowadzanie nowych treści do programów kształcenia powoduje zmniejszającą się liczbę godzin na realizację treści z kanonu nauczania na danym kierunku, co wcale nie oznacza, że treści te są aktualnie mniej ważne. Widać to także na podstawie przedmiotów dostarczających wiedzy i kształtujących umiejętności w obszarze podstaw PLC – udział tego przedmiotu w siatce uległ zmianie z 2,99% do 1,7% (tab. 3.1). W ciągu szesnastu analizowanych lat zmieniły się udziały zajęć wykładowych i laboratoryjnych w siatce godzin – początkowo wykłady stanowiły 60%, a laboratoria 40%. W najnowszych siatkach laboratoria stanowią 100% formy zajęć. Z uwagi na prezentowaną tematykę oraz zakres treści dopasowany do możliwości kształcenia w tej tematyce studentów już pierwszego semestru studiów zaproponowanie zajęć jedynie w formie zajęć praktycznych (laboratoria) uważa się za celowe. Rozważenia wymaga jeszcze liczba godzin, która z uwagi na liczbę tygodni w semestrze – 15, powinna być podzielna przez tę liczbę. Nie jest ona jednak optymalna z uwagi na wymiar poszczególnych jednostek tematycznych. Jest to jednak, ze względu na planowanie zajęć, bardzo wrażliwy obszar możliwych do wprowadzenia zmian.

Bibliografia

- [1] Wydział Elektryczny Politechniki Warszawskiej, *plcEE2019L*, <https://www.ee.pw.edu.pl/~purap/PLC/plcEE2019L.html> [25.09.2025]
- [2] M. Pawlak, *Sterowniki programowalne*, Politechnika Wrocławska, Wrocław 2010, https://dbc.wroc.pl/Content/7791/PDF/Pawlak_Sterowniki_programowalne.pdf [25.09.2025]
- [3] P. Adamczyk, *Podstawa systemów automatyki. Czym jest sterownik PLC?*, <https://www.astor.com.pl/poradnikautomatyka/podstawa-systemow-automatyki-czym-jest-sterownik-plc/> [25.09.2025]

- [4] Sabur, *Sterowniki PLC*, <https://www.sabur.com.pl/sterowniki-plc/> [25.09.2025]
- [5] Jumo, *Sterownik PLC w pigułce*, https://www.jumo.pl/web/about-us/blog-pl/plc-controller?gad_source=1&gad_campaignid=17680430838&gclid=EAIaIQobCh-MIzaPy_vivjwMVTWiRBR3hkBM9EAMYAiAAEgJfRfD_BwE [25.09.2025]
- [6] B. Broel-Plater, *Sterowniki programowalne – właściwości i zastosowania*, Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Szczecińskiej, Szczecin 2003
- [7] B. Broel-Plater, *Układy wykorzystujące sterowniki PLC. Projektowanie algorytmów sterowania*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2008
- [8] Kwaśniewski J., *Sterowniki PLC w praktyce inżynierskiej*, Wydawnictwo BTC, Legionowo 2008
- [9] J. Hawrylak, *Języki programowania sterowników PLC: LAD, FBD, SCL, STL. Ćwiczenia dla początkujących*, Helion, Gliwice 2024
- [10] L. Bee, *PLC and HMI Development with Siemens TIA Portal*, PublishDrive, 2022 [ebook]
- [11] T. Gilewski, *Tworzenie wizualizacji na panele HMI firmy Siemens*, Helion, Gliwice 2020
- [12] S.A. Boyer, *SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition*, University of Pennsylvania, Philadelphia 1999
- [13] A.S. AlMadhoun, *PLC SCADA for Beginners: Understanding and Implementing Industrial Automation Systems*, Springer, Berlin 2025
- [14] ImFactory, *System zarządzania produkcją AVEVA™ MES*, https://imfactory.com/pl/mes/?gad_source=1&gad_campaignid=19358056512&gclid=EAIaIQobCh-MIhJKIhLSwjjwMVNWqRBR0uaD2sEAAYAAEgI16PD_BwE [25.09.2025]
- [15] Zebra, *Wzmacnianie połączonej fabryki w przemyśle produkcyjnym*, https://www.zebra.com/pl/pl/industry/manufacturing.html?tactic_type=SEMG&tactic_detail=AV_SEM-manufacturing_SEM-manufacturing_EMEA_PL&utm_source=google&utm_medium=paid_search&gclid=aw.ds&gad_source=1&gad_campaignid=22287935729&gclid=EAIaIQobChMIhJKIhLSwjjwMVNWqRBR0uaD2sEAAYASAAEgKIQvD_BwE [25.09.2025]
- [16] Streamsoft, *System ERP*, <https://www.streamsoft.pl/systemy-erp/> [25.09.2025]
- [17] Comarch, *System ERP – Co to? Korzyści dla biznesu i przykłady wdrożeń*, <https://www.comarch.pl/erp/co-to-jest-system-erp-faq/> [25.09.2025]
- [18] SAP, *Co to jest ERP?*, <https://www.sap.com/poland/products/erp/what-is-erp.html> [25.09.2025]
- [19] S. Plamowski, A. Wojtulewicz, *Systemy DCS i SCADA*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2022
- [20] Punkt Koordynacyjny ds. Polskiej i Europejskiej Ramy Kwalifikacji, *Polska Rama Kwalifikacji (PRK)*, <https://prk.men.gov.pl/polska-rama-kwalifikacji-prk/> [25.09.2025]
- [21] A. Chłoń-Domińczak, S. Sławiński, A. Kraśniewski, E. Chmielecka, *Polska rama kwalifikacji*, <https://kwalifikacje.gov.pl/images/Publikacje/Polska-rama-kwalifikacji.pdf> [25.09.2025]

Problemy badawcze jako fundament edukacji w automatyce i robotyce: droga do innowacyjnych rozwiązań

Paweł Skruch 

Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej, Katedra Automatyki i Robotyki, e-mail: pawel.skruch@agh.edu.pl

4.1. Motywacja

Proces edukacji akademickiej, zgodny z założeniami tzw. systemu bolońskiego, wdrożonego w większości krajów europejskich, w tym w Polsce, nakłada na uczelnie obowiązek kształcenia studentów w ramach trzech cykli: pierwszego (studia licencjackie lub inżynierskie), drugiego (studia magisterskie) oraz trzeciego (studia doktoranckie). Każdy z tych etapów odpowiada określonym poziomom efektów kształcenia, obejmującym wiedzę, umiejętności oraz kompetencje społeczne, które absolwent powinien nabyć w toku studiów [1, 2]. Szczegółowe wymagania odnoszące się do poszczególnych programów studiów są ujęte w sylabusach oraz opisach efektów kształcenia zgodnych z krajowymi ramami kwalifikacji [3].

Określenie zakresu wiedzy i umiejętności wymaganych dla danej dyscypliny akademickiej nie stanowi z reguły problemu. Trudności pojawiają się natomiast na etapie wdrożenia metod kształcenia, w szczególności w odniesieniu do zajęć projektowych, ćwiczeniowych i laboratoryjnych. W wielu przypadkach ich efektywność jest ograniczona, co potwierdzają wyniki badań ankietowych prowadzonych wśród studentów, stanowiących jedno z narzędzi systematycznej oceny jakości kształcenia [4]. Opinie studentów wskazują, że zajęcia są często mało angażujące, przekazywana wiedza jest prezentowana w sposób schematyczny i nie zawsze interesujący, a nabyte umiejętności okazują się niewystarczające do rozwiązywania zadań zawodowych.

W konsekwencji absolwenci, stojący w obliczu samodzielnego rozwiązania problemu praktycznego bądź badawczego, często nie mają odpowiednich kompetencji metodologicznych. Brak doświadczenia w samodzielnym definiowaniu problemów badawczych i doborze odpowiednich narzędzi powoduje, że młodzi pracownicy wymagają szczegółowych instrukcji i długotrwałego procesu wdrożeniowego. Jak wskazują analizy [5],

czas adaptacji absolwentów w przedsiębiorstwach technologicznych może wynosić od kilku miesięcy do nawet kilku lat, co generuje dodatkowe koszty oraz opóźnia pełne wykorzystanie ich potencjału.

Istotnym czynnikiem wpływającym na taki stan rzeczy jest charakter kształcenia akademickiego, który koncentruje się na indywidualnym wkładzie studenta w realizację zadań. Taka organizacja procesu dydaktycznego ułatwia ocenę postępów w nauce, ale nie sprzyja kształtowaniu kompetencji miękkich, w tym przede wszystkim umiejętności pracy zespołowej i współpracy interdyscyplinarnej [6]. Dodatkowo, forma zajęć laboratoryjnych i projektowych oparta na szczegółowych instrukcjach prowadzi do nadmiernej formalizacji procesu dydaktycznego. Studenci zamiast rozwijać własne pomysły, odtwarzają ustalone procedury, co ogranicza kreatywność i innowacyjność – kompetencje szczególnie cenione w gospodarce opartej na wiedzy [7, 8].

W niniejszym rozdziale podjęto analizę alternatywnego modelu dydaktycznego, który w większym stopniu akcentuje rozwój kreatywności, myślenia nieszablonowego oraz pracy zespołowej. W kolejnych podrozdziałach przedstawiono elementy tradycyjnego procesu dydaktycznego, które – w ocenie autora – nie odpowiadają w pełni na potrzeby współczesnych przedsiębiorstw technologicznych i ograniczają potencjał innowacyjny absolwentów. Następnie zaprezentowano propozycję nowego podejścia dydaktycznego, w którym istotnym elementem staje się integracja metod naukowych i elementów pracy badawczej z procesem kształcenia. Rozdział kończy się refleksją dotyczącą pierwszych doświadczeń związanych z wdrożeniem tego podejścia oraz wnioskami dla dalszego doskonalenia praktyki akademickiej.

4.2. Problematyczne elementy i ograniczenia typowego procesu dydaktycznego

4.2.1. Wpływ ograniczeń czasowych na efektywność zajęć praktycznych

Jest rzeczą oczywistą, że zadania realizowane w ramach jednego ćwiczenia laboratoryjnego powinny mieścić się w przedziale czasowym przewidzianym dla tych zajęć, który z reguły wynosi 90 minut. Opracowując plan kursu, osoba odpowiedzialna za dany przedmiot dostosowuje zakres tematyczny poszczególnych bloków do takiej właśnie granulacji. Ograniczenia czasowe stanowią jednak istotną barierę dydaktyczną z kilku powodów.

Po pierwsze, przy założeniu, że student powinien zrealizować zasadniczą część zadań podczas jednego ćwiczenia, zakres tematyczny poszczególnych zajęć musi zostać znacząco ograniczony. Wynika to z konieczności dostosowania liczby i złożoności zadań do realnych możliwości czasowych. Po drugie, studenci nierzadko nie poświęcają

wystarczającej ilości czasu na gruntowne przygotowanie się do zajęć, co w konsekwencji prowadzi do sytuacji, w której w krótkim przedziale czasowym muszą oni nie tylko zapoznać się z wymaganymi podstawowymi wiadomościami, ale również przeczytać i zrozumieć instrukcję do ćwiczenia oraz wykonać wszystkie zadania przewidziane w konspekcie.

Dodatkowym utrudnieniem jest presja czasu, która w sposób naturalny towarzyszy realizacji ćwiczeń. Skłania ona studentów do koncentrowania się przede wszystkim na osiągnięciu minimalnych rezultatów pozwalających na zaliczenie ćwiczenia, kosztem jakości i poprawności merytorycznej wykonanych zadań. Analogiczne zjawisko jest dobrze znane w inżynierii oprogramowania, gdzie presja związana ze zbliżającym się terminem realizacji projektu ma negatywny wpływ na jakość pracy. W takich przypadkach zadania realizowane są w możliwie najkrótszym czasie, często bez zachowania wymaganej dokumentacji (np. komentarzy w kodzie źródłowym), co znacząco zwiększa prawdopodobieństwo popełniania błędów [9].

Powstaje zatem pytanie: czy możliwe jest ograniczenie negatywnego wpływu redukcji czasowych w taki sposób, aby studenci mogli skoncentrować się przede wszystkim na merytoryce oraz jakości przeprowadzanych eksperymentów? Odpowiedź na to pytanie wydaje się oczywista i pozytywna. Co istotne, wdrożenie odpowiednich rozwiązań nie wymaga w tym przypadku zasadniczych zmian w organizacji procesu dydaktycznego, lecz raczej modyfikacji w sposobie planowania i prowadzenia ćwiczeń laboratoryjnych.

4.2.2. Problematyka instrukcji szczegółowych w procesie realizacji ćwiczeń praktycznych

Instrukcje do ćwiczeń laboratoryjnych w dydaktyce akademickiej często przypominają instrukcje obsługi urządzeń technicznych. W takich przypadkach student zobowiązany jest do realizacji ściśle określonej sekwencji zadań, których celem jest osiągnięcie z góry zdefiniowanych rezultatów. Tego typu podejście charakteryzuje się bardzo ograniczoną elastycznością, a możliwości twórcze osób wykonujących ćwiczenia pozostają w dużej mierze niewykorzystane.

Typowa struktura konspektów laboratoryjnych obejmuje najczęściej:

- zestaw wiadomości teoretycznych niezbędnych do realizacji ćwiczenia,
- opis stanowiska laboratoryjnego,
- szczegółowy przebieg eksperymentu,
- sposób opracowania i prezentacji wyników.

Należy zauważyć, że konspekty te rzadko ulegają istotnym modyfikacjom, często przez okres kilku lat nie są zmieniane. Prowadzi to do sytuacji, w której studenci dysponują

tw. gotowcami, a samo wykonanie ćwiczeń może zostać zrealizowane przy minimalnym wysiłku intelektualnym, m.in. z wykorzystaniem popularnych ostatnio chatbotów.

Uwzględniając dynamiczny rozwój technologii w naukach technicznych, brak systematycznej aktualizacji treści oraz metod prowadzenia ćwiczeń laboratoryjnych należy uznać za istotne ograniczenie dydaktyczne. Zjawisko to wskazuje na konieczność wdrażania innowacyjnych form realizacji zajęć, które będą promować nie tylko umiejętności odtwarzania procedur, lecz także kreatywność, krytyczne myślenie i zdolność rozwiązywania problemów.

4.2.3. Ograniczenia wynikające z indywidualnego charakteru ćwiczeń

W procesie ewaluacji istotną rolę odgrywa nie tylko ocena efektów pracy studentów, lecz także – analogicznie jak w przypadku oceny dorobku naukowego – oszacowanie indywidualnego wkładu poszczególnych członków zespołu projektowego. Z tego względu formuła wielu ćwiczeń projektowych i laboratoryjnych konstruowana jest w taki sposób, żeby możliwe były precyzyjne określenie indywidualnych osiągnięć oraz ich ocena.

Konsekwencją takiego podejścia jest jednak częste ograniczanie zakresu ćwiczeń projektowych i laboratoryjnych do jednoosobowych realizacji. Tymczasem projekty tworzone w formule indywidualnej są w praktyce przemysłowej zjawiskiem marginalnym. Już na etapie przygotowywania zakresu tematycznego dla danego przedmiotu popełniany jest zatem istotny błąd dydaktyczny: studenci nie są uczeni pracy zespołowej. W rzeczywistych projektach realizowanych w różnych gałęziach przemysłu normą jest bowiem współpraca wieloosobowych zespołów, obejmujących od kilkunastu do nawet kilkuset osób. W takich przedsięwzięciach kluczową rolę odgrywa efektywna komunikacja pomiędzy członkami zespołu, a także właściwy podział zadań i odpowiedzialności. Brak kształtowania tych kompetencji na etapie kształcenia akademickiego stanowi istotne ograniczenie procesu dydaktycznego, utrudniające studentom adaptację do realnych warunków pracy projektowej w przemyśle.

4.2.4. Ograniczenia wynikające z zawężonej tematyki ćwiczeń

Przygotowując sylabus przedmiotu, osoba odpowiedzialna za jego realizację określa zakres tematyczny obejmujący bloki zagadnień niezbędnych do uzyskania przez studenta określonej wiedzy i umiejętności. W praktyce dydaktycznej bloki te są zazwyczaj dobrze wyodrębnione i skupione na ściśle zdefiniowanych obszarach tematycznych. Kolejne moduły bazują na wiedzy zdobytej w ramach poprzednich, co determinuje konieczność ich realizacji w określonej kolejności. Jednocześnie tematyka poszczególnych ćwiczeń laboratoryjnych jest z reguły przypisana do konkretnego bloku, co ułatwia ocenę kompetencji studenta w danym zakresie.

Rzadko jednak spotyka się ćwiczenia laboratoryjne o charakterze interdyscyplinarnym, które wymagałyby wykorzystania wiedzy i umiejętności z wielu obszarów technicznych. Przykładowo, w ćwiczeniach związanych z projektowaniem systemów elektronicznych niejednokrotnie nie przewiduje się konieczności posiadania umiejętności programistycznych, mimo że w praktyce inżynierskiej programowanie stanowi integralny element współczesnych systemów cyfrowych. Takie ograniczenia dydaktyczne powodują, że proces kształcenia nie w pełni odzwierciedla realia pracy inżyniera, gdzie rozwiązywanie problemów technicznych wymaga integracji wiedzy z różnych dziedzin oraz zdolności interdyscyplinarnego myślenia.

4.2.5. Rola nadzorcza prowadzącego zajęcia

Rola prowadzącego ćwiczenia laboratoryjne sprowadza się najczęściej do sprawdzenia podstawowych umiejętności wymaganych od studentów w celu realizacji zajęć, co odbywa się zazwyczaj w formie testów wstępnych (tzw. wejściówek). Do obowiązków prowadzącego należy także przedstawienie zasad funkcjonowania stanowisk laboratoryjnych oraz wyjaśnienie pojawiających się wątpliwości merytorycznych. Ostatnim etapem jest weryfikacja, czy zakładane cele dydaktyczne ćwiczenia zostały osiągnięte.

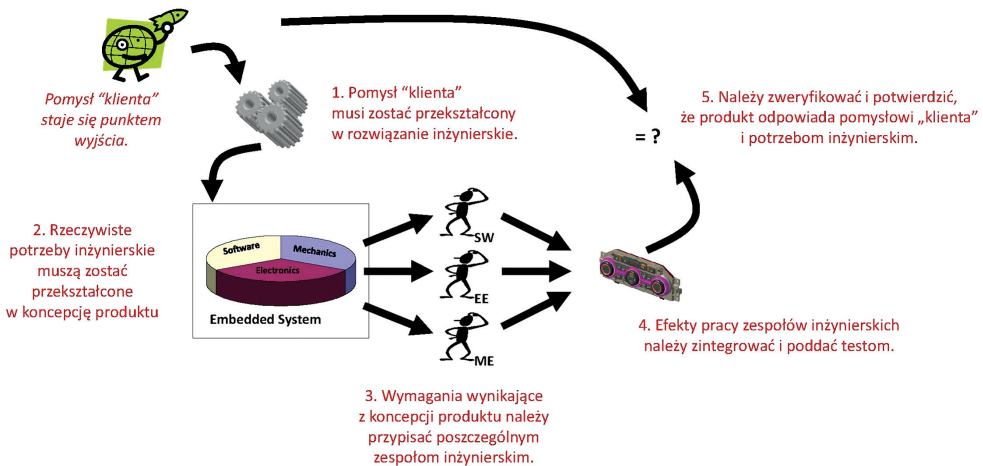
Można zatem stwierdzić, że rola prowadzącego ma w wielu przypadkach charakter odwrotny i ogranicza się do nadzorowania, czy ćwiczenie laboratoryjne zostało przeprowadzone zgodnie z wcześniej ustalonym schematem. Wszelkie odstępstwa od przyjętej procedury są zazwyczaj niepożądane i mogą skutkować obniżeniem oceny końcowej. Wynika to przede wszystkim z ograniczeń czasowych, które uniemożliwiają realizację alternatywnych sposobów wykonania zadania. W konsekwencji innowacyjne podejścia do rozwiązania problemu lub próby niestandardowego przeprowadzenia eksperymentu są często marginalizowane, mimo że w praktyce inżynierskiej stanowią istotny element procesu twórczego i rozwojowego.

4.3. Propozycje usprawnienia i rozwoju procesu dydaktycznego

4.3.1. Wzbogacenie programu zajęć o nowe obszary tematyczne

Należy rozważyć alternatywny schemat prowadzenia zajęć laboratoryjnych, w którym osiągnięcie zakładanych efektów kształcenia odbywa się w wyniku analizy i metodycznego rozwiązywania określonego problemu inżynierskiego. Definicja takiego problemu powinna obejmować i integrować różne umiejętności techniczne, nabyte przez studentów w ramach innych, wcześniej zaliczonych przedmiotów. Wymaga to jednak większego nakładu pracy ze strony osoby odpowiedzialnej za przygotowanie konspektów zajęć, gdyż obciąża ją do zapoznania się z historią edukacyjną studentów i dostosowania tematyki ćwiczeń do ich rzeczywistego poziomu kompetencji.

Zamiast tradycyjnego podejścia, w którym każde ćwiczenie koncentruje się na jednym bloku tematycznym, zasadne wydaje się wprowadzenie ćwiczeń o charakterze projektowym, np. według schematu przedstawionego na rysunku 4.1. Punktem wyjścia powinny być w tym przypadku wymagania opisujące oczekiwania wobec wyniku końcowego. Wymagania te muszą dotyczyć zagadnień nietrywialnych, a więc takich, które już na etapie definicji odnoszą się do innowacyjnych technologii bądź produktów. W trakcie realizacji zajęć studenci powinni pozostawać w ciągłej interakcji z prowadzącym, który w tym modelu odgrywałby rolę klienta. Dyskusja między studentami a prowadzącym powinna prowadzić do stopniowego doprecyzowywania wymagań pod względem technicznym oraz ich uzupełniania o brakujące elementy. Zgodnie z założeniami inżynierii systemów, każde wymaganie powinno być jednoznaczne, mierzalne i weryfikowalne, kompletne, spójne, osiągalne, istotne, zrozumiałe oraz powiązane z celami i źródłami systemu. Kluczowe jest przy tym unikanie sytuacji, w której wymagania są przekazywane studentom wyłącznie na początku zajęć, a następnie – po upływie określonego czasu – studenci prezentują gotowy produkt niespełniający postawionych kryteriów. Proces dydaktyczny powinien odzwierciedlać realne cykle projektowe, w których wymagania podlegają iteracyjnej weryfikacji i doprecyzowaniu. W pracy [10] zostało opisane przykładowe stanowisko laboratoryjne umożliwiające realizację interdyscyplinarnych ćwiczeń laboratoryjnych.



Rys. 4.1. Typowy schemat projektu inżynierskiego

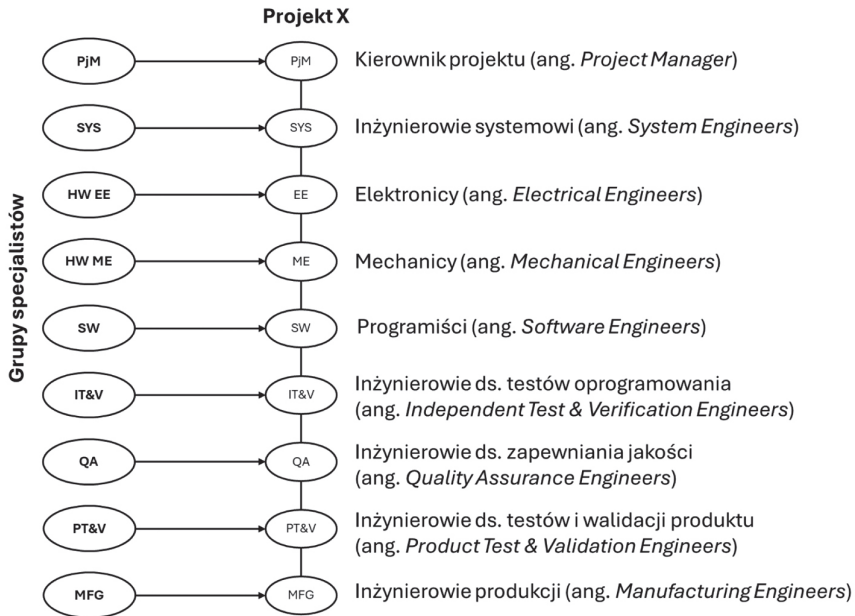
4.3.2. Rozwój kompetencji w środowisku pracy grupowej

Realizacja złożonego projektu wymaga zaangażowania grupy osób o unikalnych kompetencjach, zorganizowanych w zespół projektowy (rys. 4.2). Głównym celem takiego zespołu jest przekształcenie wymagań klienta (w przypadku zajęć dydaktycznych – prowadzącego ćwiczenia) w gotowy produkt spełniający określone kryteria

jakościowe i funkcjonalne. Skuteczna realizacja tego procesu wymaga udziału specjalistów reprezentujących różne obszary wiedzy i umiejętności.

W praktyce inżynierskiej zespoły projektowe niemal nigdy nie są jedno- lub kilk osobowe. Realne problemy badawcze i techniczne rozwiązywane są zazwyczaj w grupach liczących od kilkunastu do nawet kilkuset osób. Taki model pracy stanowi standard zarówno w środowisku akademickim (np. w projektach badawczo-rozwojowych prowadzonych na uczelniach), jak i w jednostkach przemysłowych.

Naturalnym wnioskiem wynikającym z powyższych obserwacji jest konieczność przeniesienia tego schematu na grunt dydaktyki akademickiej. Etap studiów powinien bowiem przygotowywać przyszłych inżynierów do uczestnictwa w rzeczywistych projektach, a zatem także do pracy w zespołach wieloosobowych, obejmujących specjalistów z różnych dziedzin. W przeciwnym razie studenci zdobywają doświadczenie pracy projektowej dopiero w środowisku zawodowym – w przedsiębiorstwach przemysłowych lub instytutach badawczych – co znacząco opóźnia proces ich adaptacji do wymagań praktyki inżynierskiej.



Rys. 4.2. Przykładowa struktura zespołu projektowego

4.3.3. Integracja podejścia multidyscyplinarnego w realizacji zajęć praktycznych

Rzeczywiste problemy, z którymi przyjdzie się zmierzyć młodym inżynierom, dotyczą obecnie wysoce złożonych systemów, wynikających z rosnącego stopnia zaawansowania technologicznego. W wielu przypadkach nieodłącznym elementem takich

systemów jest oprogramowanie, odgrywające kluczową rolę w kształtowaniu ich funkcjonalności. W praktyce przemysłowej coraz wyraźniej widoczny jest trend polegający na tym, że wszędzie tam, gdzie jest to możliwe, rozwiązania implementowane są właśnie w warstwie programistycznej. Powoduje to, że współczesne rozwiązania inżynierskie coraz częściej określa się mianem systemów definiowanych programowo (*software-defined systems*).

Stopień skomplikowania tych systemów jest ściśle skorelowany z rozmiarem oprogramowania, który najczęściej wyraża się w liczbie linii kodu (*Lines of Code* – LOC). Złożone systemy inżynierskie obejmują zwykle od kilkudziesięciu milionów do nawet setek milionów linii kodu [11]. Tak wysoki poziom komplikacji wymaga zarówno zaawansowanych narzędzi projektowych, jak i wieloobszarowych kompetencji zespołów inżynierskich.

Drugim istotnym aspektem charakteryzującym nowoczesne systemy jest ich interdyscyplinarność. Przykładem są tzw. systemy cyberfizyczne (*Cyber-Physical Systems* – CPS), które integrują elementy mechaniczne, elektroniczne, informatyczne i sieciowe. Z tego względu interdyscyplinarność nie powinna być traktowana jako trudność dydaktyczna, lecz jako naturalny i nieodłączny komponent współczesnej inżynierii. Elementy tego podejścia powinny być w jak największym stopniu wdrażane do treści ćwiczeń projektowych i laboratoryjnych, aby przygotować studentów do realiów pracy nad złożonymi systemami technicznymi.

4.3.4. Prezentacja gotowego produktu jako narzędzia oceny dydaktycznej

Efektem końcowym prac studenckiego zespołu projektowego powinien być „produkt” spełniający zdefiniowane wymagania klienta, którym w tym przypadku jest prowadzący zajęcia. Zespół powinien jednoznacznie wykazać, w jakim stopniu poszczególne wymagania zostały zrealizowane. Ocena ta powinna być oparta na wynikach przeprowadzonych testów, gdyż to właśnie testy stanowią podstawowy i obiektywny środek weryfikacji jakości systemu oraz stopnia zgodności „produktu” z wymaganiami.

Stopień spełnienia wymagań powinien być kluczowym kryterium przy wyznaczeniu oceny końcowej za realizację projektu. Co istotne, projekt powinien być oceniany jako całość, ponieważ odpowiedzialność za sukces bądź niepowodzenie przedsięwzięcia spoczywa na całym zespole projektowym. Indywidualne oceny studentów powinny być natomiast ściśle powiązane z oceną końcową projektu, co odzwierciedla rzeczywiste mechanizmy funkcjonujące w pracy zespołowej w środowisku inżynierskim.

Dodatkowo należy podkreślić, że takie podejście sprzyja rozwijaniu u studentów umiejętności współpracy, odpowiedzialności zbiorowej oraz świadomości znaczenia jakości procesu testowania i walidacji. W praktyce inżynierskiej umiejętność dostarcza-

nia produktów zgodnych z wymaganiami klienta jest jednym z kluczowych czynników warunkujących powodzenie projektów, dlatego powinna być konsekwentnie akcentowana również w procesie dydaktycznym.

4.3.5. Kształtowanie innowacyjności studentów w wyniku promowania oryginalnych i dobrze rokujących koncepcji

Ćwiczenia laboratoryjne oraz projektowe, realizowane w zaprezentowanym w poprzednich podrozdziałach schemacie, mogą stanowić załączek interesujących, oryginalnych i innowacyjnych pomysłów badawczych oraz aplikacyjnych. Pomysły te mogą być następnie rozwijane w ramach prac inżynierskich, magisterskich, a także projektów badawczo-rozwojowych realizowanych we współpracy z przemysłem. Z uwagi na ich potencjał aplikacyjny powinny one stanowić przedmiot ochrony własności intelektualnej – odpowiednie jednostki w strukturach uczelni powinny wspierać studentów i pracowników w procesie zgłaszania wniosków patentowych oraz w publikacji uzyskanych wyników w renomowanych czasopismach naukowych i materiałach konferencyjnych. Doświadczenia czołowych uczelni na świecie pokazują, że tego typu inicjatywy mogą prowadzić do powstania innowacyjnych start-upów technologicznych, które w dalszej perspektywie przyczyniają się do kształtowania międzynarodowego krajobrazu technologicznego i gospodarczego.

4.3.6. Prowadzący jako doradca i mentor – wspieranie kreatywności bez narzucania rozwiązań

Tematyka ćwiczeń projektowych i laboratoryjnych nie powinna być trywialna ani oczywista. Problem badawczy stanowiący ich podstawę nie powinien posiadać jednoznacznego i powszechnie znanego rozwiązania technicznego. Co więcej, prowadzący nie musi dysponować gotowym i sprawdzonym rozwiązaniem. W takim podejściu kluczową rolę odgrywają kreatywność i pomysłowość zespołu studentów realizujących dany projekt. Nadrzędnym celem nie jest więc wyłącznie osiągnięcie poprawnego rozwiązania, lecz przede wszystkim praktyczne przećwiczenie metodologii prowadzenia badań naukowych. Integralnym elementem tego procesu jest akceptacja ryzyka niepowodzenia – wyniki badań mogą bowiem nie prowadzić do spodziewanego sukcesu.

Jednakże samo eksplorowanie potencjalnych ścieżek rozwiązania, uczenie się na popełnianych błędach, a także odkrywanie nowych problemów, których wcześniej nikt nie przewidział, stanowi najbardziej wartościowy rezultat tak prowadzonego procesu dydaktycznego. Rola prowadzącego w tym kontekście nie powinna ograniczać się jedynie do wyjaśniania wątpliwych kwestii związanych z instrukcją ćwiczenia ani do szczegółowego kierowania zespołem krok po kroku. Co istotne, prowadzący nie musi znać

odpowiedzi na każde pytanie formułowane przez studentów. Niezbędne są jednak jego doświadczenie badawcze oraz kompetencje w zakresie realizacji projektów naukowych, gdyż stanowią one kluczowy element umożliwiający właściwe ukierunkowanie procesu dydaktycznego w tym trybie.

4.3.7. Orientacja procesu dydaktycznego na wdrożenie opracowanych rozwiązań

Można zaobserwować, że na uczelniach badawczych często występuje pewnego rodzaju obawa przed wdrażaniem uzyskanych wyników badań do praktyki przemysłowej. Obawa ta wynika przede wszystkim z konieczności osiągnięcia odpowiedniego poziomu dojrzałości technologicznej (*Technology Readiness Level* – TRL) rozwiązań, warunkującego ich komercjalizację. Proces ten wiąże się z koniecznością poniesienia znacznych nakładów pracy i środków w celu dostosowania opracowanej technologii lub produktu do wymagań zastosowań przemysłowych, a także spełnienia rygorystycznych norm, standardów branżowych oraz kryteriów jakościowych i niezawodnościowych.

Jednocześnie współczesny przemysł generuje ogromną liczbę problemów o charakterze naukowo-badawczym, na rozwiązanie których przeznaczane są określone środki finansowe. Nierzadko jednak brakuje wykwalifikowanej kadry zdolnej do sprostanania złożonym wyzwaniom technologicznym, szczególnie na styku badań podstawowych i zastosowań praktycznych. Współpraca uczelni z przemysłem w tym obszarze stwarza zatem szansę nie tylko na transfer wiedzy i technologii, lecz także na pozyskanie dodatkowych środków finansowych na działalność badawczą. Co więcej, podejmowanie tematów istotnych z uwagi na zastosowania przemysłowe sprzyja podnoszeniu jakości badań oraz zwiększa ich znaczenie społeczno-gospodarcze, dzięki czemu stanowi jeden z filarów rozwoju nowoczesnych uczelni badawczych.

4.4. Uwagi końcowe

Do podstawowych obowiązków pracowników uczelni wyższych zatrudnionych na stanowiskach badawczo-rozwojowych należy prowadzenie dwóch kluczowych procesów: dydaktycznego oraz naukowego. Procesy te są jednak bardzo często rozdzielone – dydaktyka bywa realizowana według utrwalonych przez lata schematów, podczas gdy działalność badawcza skupia się na zagadnieniach, które rzadko znajdują odzwierciedlenie w treściach kształcenia. Z perspektywy rozwoju nowoczesnych uczelni szczególnie istotne staje się zatem dążenie do integracji obu tych obszarów.

Specjalista, naukowiec w danej dziedzinie wiedzy powinien nie tylko prowadzić proces dydaktyczny w swoim obszarze, lecz także włączać do niego rezultaty oraz zagadnienia wynikające z prowadzonych przez siebie badań. Innymi słowy, studenci uczestniczący w zajęciach powinni być traktowani jako integralna część zespołów projektowych – w sposób formalny i usystematyzowany. Tęgo rodzaju podejście pozwala na pełniejsze wykorzystanie potencjału tkwiącego w młodych umysłach i przyspieszenie procesu poszukiwania oryginalnych rozwiązań oraz wzmocnienia innowacyjnego charakteru prowadzonych badań.

Doświadczenia czołowych uniwersytetów na świecie jednoznacznie wskazują, że ścisła integracja dydaktyki z działalnością badawczo-rozwojową znacząco podnosi kreatywność zespołów, zwiększa jakość generowanych wyników naukowych, a co najważniejsze – istotnie skraca czas niezbędny do komercjalizacji rezultatów badań. Stanowi to jeden z kluczowych czynników decydujących o konkurencyjnej pozycji uczelni w międzynarodowym środowisku akademickim i gospodarczym.

Bibliografia

- [1] European Ministers of Education, *The Bologna Declaration of 19 June 1999: Joint declaration of the European Ministers of Education*, Bologna, European Higher Education Area, 1999, https://eha.info/Upload/document/ministerial_declarations/1999_Bologna_Declaration_English_553028.pdf [8.09.2025]
- [2] Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, *Strategia Doskonałości – Uczelnia Badawcza*, 2018, <https://www.gov.pl/web/nauka/strategia-doskonalosci-uczelnia-badawcza-2> [8.09.2025]
- [3] Ministerstwo Edukacji i Nauki, *Polska Rama Kwalifikacji (PRK)*, 2025, <https://prk.men.gov.pl/polska-rama-kwalifikacji-prk/> [8.09.2025]
- [4] M.S. Owlia, E.M. Aspinwall, *A framework for measuring quality in engineering education*, *International Journal of Quality & Reliability Management*, 1998, 9(6), 501–518, <https://doi.org/10.1080/0954412988433>
- [5] S.A. Richardt, S. Towner, G. Brent, J.G. Castley, *An industry review of recent graduate employees' performance compared to workplace expectations: An environmental science case study*, *Industry and Higher Education*, 2024, 38(6), 562–573, <https://doi.org/10.1177/09504222241250163>
- [6] D.W. Johnson, R.T. Johnson, K. Smith, *Cooperative learning: improving university instruction by basing practice on validated theory*, *Journal on Excellence in College Teaching*, 2014, 25(3–4), 85–118
- [7] European Commission, *Europe 2020: A strategy for smart, sustainable and inclusive growth*, Brussels 2010, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:52010DC2020> [8.09.2025]

- [8] R. Florida R., *The creative class and economic development*, Economic Development Quarterly, 2014, 28(3), 196–205, <https://doi.org/10.1177/0891242414541693>
- [9] S. McConnell, *Software Estimation: Demystifying the Black Art*, Microsoft Press, Washington 2006
- [10] P. Skruch, *An educational tool for teaching vehicle electronic system architecture*, International Journal of Electrical Engineering Education, 2011, 48(2), 174–183, <https://doi.org/10.7227/IJEEE.48.2.5>
- [11] D.L. Dvorak (Ed.), *NASA study on flight software complexity. Final Report*, 2009, https://www.nasa.gov/wp-content/uploads/2015/04/418878main_fswc_final_report.pdf [8.09.2025]

Profil praktyczny i ogólnoakademicki na studiach inżynierskich na przykładzie kierunku automatyka i robotyka

Witold Byrski 

Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej, Katedra Automatyki i Robotyki, email: wby@agh.edu.pl

5.1. Wstęp – ogólne uwagi o ustawowych uwarunkowaniach dla uczelni wyższych

Obecnie w Polsce (w 2025 r.) liczba szkół wyższych (publicznych i niepublicznych) przekracza 400. Pod koniec 1990 r. istniało tylko 112 państwowych i niepaństwowych szkół wyższych, w tym tylko 33 szkoły techniczne [1–3]. Poniżej zostanie przedstawiony krótki przegląd najważniejszych chronologicznych zmian w ustawodawstwie szkolnictwa wyższego. Dyskusje na temat tych zmian można znaleźć np. w [4].

W czasach PRL szkolnictwo wyższe funkcjonowało na podstawie ustawy o szkolnictwie wyższym z dnia 4 maja 1982 r. Została ona uchylona 27 września 1990 r. Nowa ustawa o szkolnictwie wyższym z dnia 12 września 1990 r. wprowadziła po raz pierwszy niepaństwowe (prywatne) szkoły wyższe oraz nowe uregulowania dla państwowych szkół wyższych.

W dniu 26 czerwca 1997 r. wprowadzono dodatkową ustawę o wyższych szkołach zawodowych, która powstała w celu regulacji mechanizmu tworzenia państwowych i niepaństwowych uczelni zawodowych w tych regionach kraju, w których szkolnictwo wyższe było słabo rozwinięte. Był to też sposób na wykształcenie kadr zawodowych na lokalne potrzeby. Szkoły zawodowe dawały również absolwentom możliwość kontynuowania studiów na poziomie magisterskim na politechnikach i uniwersytetach. Jednocześnie ustawa ta wprowadziła pewne uregulowania kontroli jakości kształcenia. Powołano Komisję Akredytacyjną Wyższego Szkolnictwa Zawodowego (KAWSZ), która miała wypracować koncepcję szkolnictwa zawodowego i oceniała jakość kształcenia w tych szkołach oraz przekazywała ministrowi do spraw szkolnictwa wyższego opinie dotyczące utworzenia nowej uczelni oraz przyznania jej uprawnień do prowadzenia studiów na danym kierunku i określonym poziomie kształcenia [5]. Wkrótce

w latach 1998–2009 utworzono 36 takich uczelni zawodowych. Pierwszą była Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Tarnowie.

Wprowadzenie szkół zawodowych dawało podstawy do integracji Polski z Unią Europejską i dostosowywania procesu kształcenia do procesu bolońskiego, opartego na deklaracji bolońskiej z 19 czerwca 1999 r. umożliwiającą tworzenie w Europie spójnego szkolnictwa wyższego. Ustawę uchylono 1 września 2005 r.

Następna *Ustawa z dnia 27 lipca 2005 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym* [6] skonsolidowała ustawy dotyczące szkół wyższych i wyższych zawodowych. Zmieniła też niektóre obowiązujące uregulowania i wprowadziła między innymi ważną prawną zmianę, chociaż na jej istotność nie wszyscy zwrócili uwagę. Otóż wszystkie uczelnie – dotąd państwowe, mocą art. 252 ust. 1 stały się nagle „publiczne”. Uczelnię publiczną zdefiniowano jako „uczelnię utworzoną przez państwo reprezentowane przez właściwy organ władzy lub administracji publicznej”. Dokonano uwłaszczenia uczelni na gruntach państwowych, pozostawiając pewne elementy państwowości, co spowodowało pytania, „czy uczelnie pozostały państwowymi osobami prawnymi POP”. Jeśli tak, to podlegają kontroli legalności, gospodarności, celowości i rzetelności w zakresie wykorzystania majątku np. przez NIK. Jeśli nie, to podlegają jej tylko w zakresie legalności i gospodarności – co dla finansów jest dużą różnicą. Dotyka to również problemów związanych z uprawnieniami Skarbu Państwa do szkół czy spraw związanych z lokalami mieszkalnymi będącymi własnością uczelni i praw o ochronie lokatorów („publiczne zasoby lokalowe”). Ustawa o finansach publicznych z 2009 r. zaliczyła uczelnie do sektora finansów publicznych, gdzie obowiązują reguły zamówień publicznych [7].

Wspomniana ustawa z 2005 r. *prawo o szkolnictwie wyższym* [6] wprowadziła również formalną trzystopniowość studiów, czyli studia licencjackie i inżynierskie, magisterskie oraz doktoranckie. W definicji uczelni zawodowej podkreślono, że jest to „uczelnia prowadząca studia pierwszego lub drugiego stopnia albo jednolite studia magisterskie, nieposiadająca uprawnienia do nadawania stopnia naukowego doktora”.

W dniu 18 marca 2011 r. ogłoszono ustawę [8], która zmieniała naraz kilka ustaw. Dokonano zmian w ustawach: prawo o szkolnictwie wyższym, o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki oraz o zmianie niektórych innych ustaw, wprowadzając np. konieczność zgody rektora na dodatkowe zatrudnienie nauczycieli akademickich w innej uczelni, bezpośredniej podległości służbowej osób najbliższych czy ograniczeń w bezpłatnym studiowaniu na więcej niż jednym kierunku. Zlikwidowano plany kształcenia na rzecz krajowych ram kwalifikacji (KRK). Tak uzupełniony i jednolity tekst ustawy [6] ogłoszono w 2017 r. [9].

Ustawa z 2005 r. została uchylona 1 października 2018 r. W tym samym roku pojawiła *Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* [10], która wprowadziła nowy model zarządzania uczelniami i rozszerzenie ich autonomii. Wpro-

wadziła szkoły doktorskie, likwidując studia doktoranckie. Wprowadziła też pojęcia poziomu, formy i profilu studiów:

- poziom studiów – studia pierwszego stopnia (licencjackie lub inżynierskie), studia drugiego stopnia (magisterskie) lub jednolite studia magisterskie,
- forma studiów – studia stacjonarne lub niestacjonarne,
- profil studiów – studia o profilu ogólnoakademickim lub praktycznym.

Ta ustawa z 2018 r. zmodyfikowała również liczbę obszarów wiedzy, dziedzin i dyscyplin naukowych. Od 2011 r. do 30 września 2018 r. w Polsce było osiem obszarów wiedzy, 22 dziedziny i 95 dyscyplin naukowych (dyscyplina automatyka i robotyka wchodziła do obszaru nauk technicznych, do dziedziny nauki – technika). Od 1 października 2018 r. zniesiono obszary wiedzy, wprowadzono tylko osiem dziedzin i 47 dyscyplin (dyscyplina automatyka, elektronika i elektrotechnika weszła do dziedziny nauk inżynieryjno-technicznych). Dodatkowo w dniu 11 listopada 2022 r. rozporządzeniem ministra nazwę tej dyscypliny zmodyfikowano na automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne.

Dnia 11 września 2024 r. pojawił się ujednolicony tekst tej ustawy ze zmianami w klasyfikacji dziedzin i dyscyplin i oświadczeń o reprezentowanej dyscyplinie oraz zadań rady uczelni.

Poniżej przytoczone zostaną w skrócie najważniejsze artykuły ustawy z 2018 r. i 2024 r. – prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, na których opiera się dzisiejsza realizacja studiów wyższych.

Art. 13 mówi, że uczelnia publiczna jest utworzona przez organ państwa, a uczelnia niepubliczna przez osobę fizyczną. Uczelnia może być uczelnią akademicką albo zawodową.

Art. 14 precyzuje, że uczelnia akademicka musi prowadzić działalność naukową i posiadać kategorię naukową A+, A albo B+ w co najmniej jednej dyscyplinie naukowej. Musi prowadzić studia pierwszego i drugiego stopnia lub jednolite studia magisterskie. Może też prowadzić kształcenie doktorantów.

Art. 15 odnosi się do uczelni zawodowych, które prowadzą kształcenie na potrzeby otoczenia społeczno-gospodarczego i nie spełniają warunku z art. 14 o kategorii. Generalnie uczelnia zawodowa nie może prowadzić kształcenia na studiach o profilu ogólnoakademickim, tylko praktycznym. Uczelnia zawodowa musi prowadzić studia pierwszego stopnia, ale może prowadzić studia drugiego stopnia i jednolite studia magisterskie. Uczelnia akademicka z woli władz może zostać zakwalifikowana przez ministra do grupy uczelni zawodowych lub staje się nią automatycznie w wyniku ewaluacji, gdy nie spełnia warunku swojej kategorii z art. 14, dostosowując w ciągu roku profil kształcenia i zaprzestając kształcenia doktorantów.

Art. 16 precyzuje, że nazwa uczelni „akademia” jest zastrzeżony tylko dla nazwy uczelni akademickiej. Nazwa „akademia nauk stosowanych” jest zastrzeżona dla nazwy uczelni zawodowej pod pewnymi warunkami (funkcjonuje co najmniej 10 lat, liczba studentów kształcących się wynosi co najmniej 250, w tym co najmniej 100 na studiach stacjonarnych, dla co najmniej 50% nauczycieli akademickich uczelnia jest podstawowym miejscem zatrudnienia, studia prowadzone są na co najmniej pięciu kierunkach, a kształcenie prowadzone jest na co najmniej jednym kierunku studiów kończących się uzyskaniem tytułu zawodowego inżyniera lub magistra inżyniera). Musi być również spełniony warunek pozytywnej oceny wszystkich kierunków studiów podczas akredytacji przez Polską Komisję Akredytacyjną (PKA).

Nazwa „politechnika” jest zastrzeżona dla uczelni akademickiej posiadającej kategorię naukową A+, A albo B+ w co najmniej dwóch dyscyplinach w dziedzinie nauk inżynierskich i technicznych.

Nazwa „uniwersytet” jest zastrzeżona dla nazwy uczelni akademickiej posiadającej kategorię naukową A+, A albo B+ w co najmniej sześciu dyscyplinach naukowych, zawierających się w co najmniej trzech dziedzinach nauki.

Art. 35 ustala, że publiczną uczelnią akademicką tworzy się na mocy ustawy, a publiczną uczelnią zawodową tworzy rozporządzeniem minister do spraw szkolnictwa wyższego. Minister zmienia też nazwę uczelni zawodowej na nazwę „akademia nauk stosowanych”, jeżeli rektor poinformuje ministra o spełnianiu przez uczelnię warunków z art. 16 ust. z dodatkowymi warunkami czasowymi związanymi z akredytacją PKA.

Art. 53 stwierdza, że kształcenie ma mieć określony kierunek, poziom i profil, a kierunek musi być przyporządkowany do co najmniej jednej dyscypliny naukowej. Utworzenie studiów na określonym kierunku, poziomie i profilu wymaga pozwolenia ministra. Uczelnia może uzyskać takie pozwolenie, jeśli w danej dyscyplinie posiada kategorię naukową B. Przy kategorii C lub braku kategorii może uzyskać pozwolenie tylko na kierunek z profilem praktycznym. Dla kategorii naukowych A+, A albo B+ pozwolenie nie jest wymagane.

Art. 62 dotyczy możliwości prowadzenia przez uczelnię studiów dualnych, które są studiami o profilu praktycznym, prowadzonymi z udziałem pracodawcy na podstawie umowy zawartej w formie pisemnej.

Art. 63 precyzuje formę prowadzenia studiów i warunki dla studiów stacjonarnych (co najmniej połowa punktów ECTS jest uzyskiwana na zajęciach ze studentami z bezpośrednim udziałem nauczycieli akademickich) oraz dla studiów niestacjonarnych (mniej niż połowa punktów ECTS może być uzyskiwana na zajęciach z bezpośrednim udziałem nauczycieli akademickich). W uczelni publicznej liczba studentów na studiach stacjonarnych nie może być mniejsza od liczby studentów na studiach niestacjonarnych.

Art. 65 określa czas trwania studiów stacjonarnych pierwszego stopnia na co najmniej sześć semestrów, a w przypadku uzyskania kompetencji inżynierskich na co najmniej siedem semestrów. Czas trwania studiów stacjonarnych drugiego stopnia wynosi od trzech do pięciu semestrów. Stacjonarne studia magisterskie jednolite mają trwać od dziewięciu do dwunastu semestrów. Studia niestacjonarne mogą trwać dłużej niż odpowiednie studia stacjonarne.

Art. 67 obliguje dla kierunku utworzenie programu studiów, który określa efekty uczenia się z charakterystykami pierwszego i drugiego stopnia (według odrębnej ustawy z dnia 22 grudnia 2015 r. o zintegrowanym systemie kwalifikacji) i zawiera opis procesu prowadzącego do uzyskania efektów uczenia się oraz liczbę punktów ECTS przypisanych do zajęć. Punkty ECTS stanowią miarę średniego nakładu pracy studenta niezbędnego do uzyskania efektów uczenia się i dotyczą europejskiego systemu transferu i akumulacji punktów (*European Credit Transfer and Accumulation System*). Umożliwiają uznawanie kwalifikacji akademickich uzyskanych w zagranicznych uczelniach i zaliczanie na poczet programu studiów na jednej uczelni punktów uzyskanych na innej uczelni. Punkt ECTS odpowiada 25–30 godzinom pracy studenta na zajęciach uczelnianych oraz jego indywidualnej pracy związanej z tymi zajęciami. Dopuszcza się, że część efektów uczenia się może być uzyskana w ramach zajęć prowadzonych z wykorzystaniem metod i technik kształcenia na odległość. Art. 67 określa też ważny punkt dotyczący okresu praktyk zawodowych dla studiów o profilu praktycznym w wymiarze co najmniej sześciu miesięcy dla studiów pierwszego stopnia i jednolitych studiów magisterskich oraz trzech miesięcy w przypadku studiów drugiego stopnia.

Art. 73 dla profilu praktycznego przedstawia wymóg prowadzenia co najmniej 50% godzin zajęć przez nauczycieli zatrudnionych w tej uczelni jako podstawowym miejscu pracy. Dla profilu ogólnoakademickiego wymóg ten określa co najmniej 75% godzin zajęć prowadzonych przez nauczycieli akademickich zatrudnionych w tej uczelni jako podstawowym miejscu pracy.

Art. 76 precyzuje warunki ukończenia studiów i uzyskania dyplomu ukończenia studiów (uzyskanie efektów uczenia się, którym przypisano co najmniej 180 punktów ECTS dla studiów pierwszego stopnia, 90 punktów dla studiów drugiego stopnia, 300 punktów dla jednolitych studiów magisterskich trwających dziewięć albo dziesięć semestrów, 360 punktów dla studiów jednolitych magisterskich trwających jedenaście albo dwanaście semestrów, złożenie egzaminu dyplomowego i pozytywna ocena pracy dyplomowej). Praca dyplomowa obowiązuje w przypadku studiów drugiego stopnia i jednolitych studiów magisterskich i jest wykonywana pod kierunkiem osoby, która posiada co najmniej stopień doktora, a w przypadku studiów pierwszego stopnia praca jest obowiązkowa, o ile przewiduje to program studiów. Prace pisemne są sprawdzane z wykorzystaniem jednolitego systemu antyplagiatowego.

Zgodnie z art. 77 absolwent studiów otrzymuje dyplom ukończenia studiów oraz tytuł zawodowy licencjata lub inżyniera w przypadku studiów pierwszego stopnia i magistra, magistra inżyniera w przypadku studiów drugiego stopnia i jednolitych studiów magisterskich.

5.2. Studia na kierunku automatyka i robotyka

Nauczanie automatyki w Polsce ma ponad 70-letnią historię. Początkowo elementy tego przedmiotu pojawiały się na kierunkach mechaniki, elektrotechniki i w końcu automatyki. Później doszła jeszcze specjalność robotyki. Najwcześniej, bo już w 1953 r. specjalistów automatyki przemysłowej zaczęto kształcić na Politechnice Wrocławskiej. Od tego czasu kierunek ten zaczął być nauczany na wszystkich politechnikach w kraju, najpierw na studiach jednolitych magisterskich, potem na studiach dwustopniowych (inżynierskich i magisterskich), doktoranckich i podyplomowych. Obecnie w Polsce studia na kierunku automatyka i robotyka można podjąć w ponad 30 uczelniach publicznych i dwóch niepublicznych szkołach wyższych.

Poniżej przedstawiono listę uczelni, które prowadzą kierunek automatyka i robotyka, ułożoną w kolejności daty uzyskania statusu politechniki (według danych Wikipedii z 2025 r. [11]). Z pierwszej dziesiątki siedem uczelni jest klasyfikowane jako uniwersytet techniczny.

1. Politechnika Warszawska (1915),
2. Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie (1919),
3. Politechnika Śląska w Gliwicach (1945),
4. Politechnika Gdańska (1945),
5. Politechnika Łódzka (1945),
6. Politechnika Wroclawska (1945),
7. Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki (1945),
8. Politechnika Poznańska (1955),
9. Politechnika Częstochowska (1955),
10. Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza (1974),
11. Politechnika Białostocka (1974),
12. Politechnika Świętokrzyska w Kielcach (1974),
13. Politechnika Lubelska (1977),
14. Politechnika Opolska (1996),
15. Politechnika Koszalińska (1996),
16. Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich (2021),
17. Politechnika Morska w Szczecinie (2022).

Wiele z tych politechnik ma swe korzenie w wyższych szkołach inżynierskich powstałych dużo wcześniej, np. Politechnika Gdańska (w 1899 r.) czy Wrocławska (w 1910 r.).

Kierunek automatyka i robotyka jest też prowadzony na uczelniach uniwersyteckich, np.:

1. Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu (1945 r.),
2. Uniwersytet Zielonogórski (2001),
3. Uniwersytet Bielsko-Bialski (2001),
4. Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie (2009).

Kierunek automatyka i robotyka jest również prowadzony na uczelniach posiadających status akademii lub akademii nauk stosowanych (niektóre z dodatkiem słowa „państwowa” w nazwie):

1. Akademia Tarnowska,
2. Akademia Marynarki Wojennej im. Bohaterów Westerplatte w Gdyni,
3. Akademia im. Jakuba z Paradyża w Gorzowie Wielkopolskim,
4. Akademia Łomżyńska,
5. Akademia Nauk Stosowanych w Raciborzu,
6. Akademia Nauk Stosowanych w Koninie,
7. Akademia Nauk Stosowanych w Głogowie,
8. Akademia Nauk Stosowanych w Krośnie,
9. Akademia Nauk Stosowanych we Włocławku.

Na tych uczelniach otworzono kierunek automatyka i robotyka ze studiami o profilu ogólnoakademickim pierwszego i drugiego stopnia lub studiami o profilu praktycznym pierwszego stopnia. Na szczególne wyróżnienie zasługuje Politechnika Warszawska, która oferuje dwustopniowe studia z automatyki na czterech kierunkach: automatyka i robotyka, automatyka i robotyka stosowana, automatyka, robotyka i informatyka przemysłowa, automatyzacja i robotyzacja procesów produkcyjnych.

Zagadnienia nauczane na kierunku automatyka i robotyka są tak potrzebne, że wiele uczelni podjęło się nauczania automatyki również w ramach innych kierunków technicznych, niezawierających w nazwie słowa „automatyka”, otwierając wewnątrz tych kierunków specjalizacje o nazwie automatyka i robotyka. Dotyczy to np. takich kierunków jak elektrotechnika czy mechanika i budowa maszyn (np. w Państwowej Akademii Nauk Stosowanych w Chełmie).

Również niektóre wydziały informatyki są zainteresowane, aby w ich obrębie prowadzony był kierunek związany z automatyką. Widać to na przykładzie Wydziału Informatyki i Telekomunikacji Politechniki Wrocławskiej, gdzie otwarto kierunek informacyjne systemy automatyki.

Zapotrzebowanie na specjalistów automatyki i robotyki, ze stopniem inżyniera i magistra inżyniera, jest tak wielkie, że w końcu powstał pomysł, aby zacząć kształcić takich specjalistów już na najniższym możliwym etapie, czyli w szkołach średnich.

Dnia 1 września 2019 r. powołano pierwsze niepubliczne Technikum Automatyki i Robotyki (TAiR) w Łodzi ze wsparciem Politechniki Łódzkiej oraz Łódzkiego Centrum Doskonalenia Nauczycieli i Kształcenia Praktycznego. Realizowane są dwa kierunki: technik automatyk i robotyk oraz technik mechatronik. Pierwsi absolwenci ze stopniem technika automatyka i robotyka opuścili szkołę w 2023 r. Szkoła została założona przez Łódzką Specjalną Strefę Ekonomiczną i kilku inwestorów.

Również w Tarnowie istnieje możliwość kształcenia w zawodzie technika automatyka w Zespole Szkół Mechaniczno-Elektrycznych oraz w zawodzie technika robotyka w Zespole Szkół Technicznych.

Na koniec można wspomnieć, że ostatnio standardowy zakres znaczeniowy nazwy kierunku automatyka i robotyka prowadzonego dotychczas na uczelniach technicznych dla zastosowań w urządzeniach technicznych i procesach przemysłowych zaczyna być używany w innym kontekście. Dotyczy to wykorzystywania specjalizowanego oprogramowania ułatwiającego prace księgowe. Branża biznesowa dla swoich celów zaczęła więc używać słowa „robot”, nazywając robotami biznesowymi RPA (*Robotic Process Automation*) oprogramowanie wspierające i realizujące procesy związane z pracą nad dokumentami (automatyczna weryfikacja, skanowanie, odczytywanie, przepisywanie, raportowanie), z pracą z klientem, z rekomendacją produktu i z zarządzaniem ryzykiem. Ale te roboty różnią się od powszechnie rozumianego słowa „robot”, gdyż są tylko specjalizowanymi pakietami programistycznymi i nie mają formy urządzeń fizycznych (sprzętowych). Już teraz takie funkcje RPA są wykorzystywane przez przedsiębiorstwa do analizy danych. Ich szybka reakcja pozwala np. zablokować podejrzane operacje bankowe. Ostateczną decyzję pozostawia się jednak operatorowi. Wiąże się to z wdrażaniem metod naukowych opartych na sztucznej inteligencji (AI), która może podejmować lepsze decyzje biznesowe niż człowiek. Krakowska niepubliczna Wyższa Szkoła Zarządzania i Bankowości (WSZiB) otworzyła więc kierunek o nazwie automatyzacja i robotyzacja procesów finansowo-księgowych. Użycie słowa „automatyzacja i robotyzacja” w przypadku prowadzenia spraw biznesowych czy ułatwiania rachunków za pomocą arkuszy kalkulacyjnych albo słowa „robot księgowy” dla programu ułatwiającego powtarzalne manualne czynności wprowadzania i sprawdzania faktur może dziwić, ale świadczy to o niezwykle szerokim znaczeniu słów automatyka i robotyka.

Interdyscyplinarność i bardzo szeroki zakres dziedziny automatyki i robotyki ma odbicie w nazwach różnych bloków obieralnych na pierwszym stopniu i specjalizacji

na drugim stopniu, jakie można znaleźć na kierunkach automatyka i robotyka różnych uczelni. Są to np.:

- automatyka przemysłowa, systemy sterowania procesami przemysłowymi,
- przemysłowe systemy automatyki i robotyki,
- automatyzacja i informatyzacja procesów,
- automatyka elektroniczna i systemy informatyczno-pomiarowe,
- automatyka i sterowanie w pojazdach samochodowych,
- technologie informacyjne w automatyce,
- komputerowe systemy sterowania, inteligentne systemy sterowania,
- informatyka w sterowaniu,
- sterowanie obiektami mobilnymi,
- robotyka, mechatronika i robotyka,
- systemy sterowania w automatyce i robotyce,
- roboty mobilne, sterowanie w układach robotycznych.

Stąd ostatecznie te studia przygotowują specjalistów posiadających kompetencje do podjęcia pracy w Przemysle 4.0 w charakterze:

- specjaliści ds. automatyzacji,
- projektanta systemów sterowania i automatyzacji,
- programisty robotów przemysłowych,
- inżyniera systemów zrobotyzowanych,
- programisty systemów automatyki/sterowników logicznych,
- inżyniera systemów wizyjnych,
- inżyniera utrzymania ruchu,
- inżyniera ds. techniczno-handlowych.

Kierunek automatyka i robotyka cieszy się dużą popularnością, liczba zgłoszeń na pierwszy rok studiów jest wielokrotnie wyższa niż liczba oferowanych miejsc. Na AGH w Krakowie co roku zwykle na jedno miejsce przypada około pięciu kandydatów, co oznacza, że przy ofercie 150 miejsc jest około 750 podań.

Na kierunku automatyka i robotyka, bez względu na profil nauczania, w programie studiów pierwszego i drugiego stopnia standardowo można znaleźć takie przedmioty, jak:

- analiza matematyczna, algebra liniowa z rachunkiem macierzowym,
- równania różniczkowe/różnicowe, metody numeryczne,
- fizyka dla inżynierów,
- podstawy programowania i programowanie obiektowe,
- podstawy elektrotechniki, metrologia,
- podstawy elektroniki cyfrowej, analogowej i podstawy techniki mikroprocesorowej,

- analiza i przetwarzanie sygnałów,
- modelowanie systemów dynamicznych,
- podstawy automatyki,
- podstawy robotyki, sterowanie robotami,
- automatyka napędu elektrycznego,
- systemy czasu rzeczywistego,
- teoria sterowania,
- przemysłowe standardy komunikacyjne,
- zagadnienia IoT,
- MATLAB w systemach czasu rzeczywistego i inne narzędzia CAD.

Wszystkie powyższe uwagi służyły jako wprowadzenie do najważniejszego końcowego fragmentu niniejszego rozdziału, w którym będzie zwrócona uwaga na specyfikę praktycznego, inżynierskiego profilu nauczania.

W krajach Europy Zachodniej i Ameryki stopień inżyniera cieszy się większą niż w Polsce estymą. We Francji otrzymuje się go po trudnym egzaminie wstępnym i po pięciu latach studiów w prestiżowych *grande école d'ingénieurs* albo *école normale supérieures*. Najlepsze politechniki są zaliczane do tych ostatnich. W Anglii dyplom inżyniera otrzymuje się z reguły po czterech latach studiów. W Kanadzie i w USA inżynierowie, którzy złożą specjalną przysięgę, otrzymują tzw. żelazny pierścień (*Iron Ring*) symbolizujący dumę i oddanie profesji inżyniera, noszony na małym palcu pracującej ręki, aby podczas pisania inżynier pamiętał o składanej przysiędze.

W języku łacińskim *ingeniosus* oznaczał osobę wykszoloną, a *ingenium* oznaczało wynalazek. Stąd też pochodzi francuskie *engin* (narzędzie) i angielskie *engine* (maszyna). W tym kontekście „inżynier” to osoba dokonująca praktycznych i użytecznych odkryć. Od XIX w. wyraz ten zaczął oznaczać zawód i był stosowany głównie w dziedzinach technicznych.

Jak wspomniano, głównym celem szkół zawodowych w Polsce było między innymi szybkie wykształcenie kadry inżynierskiej w najbardziej potrzebnych i rozwijających się dyscyplinach technicznych. Przy studiach licencjackich upowszechnił się model sześciosemestralny. Studia inżynierskie miały trwać od siedmiu do ośmiu semestrów. Model siedmiosemestralny powoduje, że zapisanie się przez absolwentów pierwszego stopnia na uruchamianie w lutym trzyletnie studia drugiego stopnia wymaga od nich dużej dyscypliny.

Autor rozdziału od roku 1998 brał czynny udział przy tworzeniu pierwszej w Polsce szkoły zawodowej, czyli Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej w Tarnowie (PWSZ, obecnie Akademia Tarnowska, AT), tworząc w latach 1999–2015 kolejne katedry i pełniąc w nich funkcje kierownika (Katedry Informatyki Stosowanej, potem Katedry Informatyki i Katedry Automatyki i Robotyki). Na podstawie programów studiów pierw-

szezego stopnia kierunku automatyka i robotyka o profilu ogólnoakademickim, jakie były realizowane na AGH w Krakowie, w PWSZ w Tarnowie, został ułożony program studiów automatyka i robotyka, ale o profilu praktycznym. Należało zwrócić szczególną uwagę na najważniejsze różnice pomiędzy tymi dwoma profilami.

W tabeli 5.1 na podstawie danych z przytoczonych wcześniej artykułów ustawy z 2018 r. [9] zestawiono oba profile.

Tabela 5.1

Porównanie profilu ogólnoakademickiego i praktycznego w świetle ustawy z 2016 r.

Nr artykułu ustawy	Profil ogólnoakademicki	Profil praktyczny
	uczelnia akademicka	uczelnia zawodowa lub akademicka
Art. 62	brak możliwości studiów dualnych	możliwość prowadzenia studiów dualnych z udziałem pracodawcy
Art. 64	ponad połowa punktów ECTS jest przypisana zajęciom związanym z prowadzoną w uczelni działalnością naukową	kształcenie na potrzeby otoczenia społeczno-gospodarczego, na którym ponad połowa punktów ECTS jest przypisana zajęciom kształtującym umiejętności praktyczne
Art. 67	wymiar praktyk nie jest określony	praktyki zawodowe w wymiarze co najmniej sześciu miesięcy (pierwszy stopień) i co najmniej trzech miesięcy (drugi stopień)
Art. 73	co najmniej 75% godzin zajęć prowadzonych jest przez nauczycieli zatrudnionych w tej uczelni jako podstawowym miejscu pracy	co najmniej 50% godzin zajęć prowadzonych przez nauczycieli zatrudnionych w tej uczelni jako podstawowym miejscu pracy

5.3. Podsumowanie

Kształcenie w profilu ogólnoakademickim kładzie nacisk na rozwijanie zdolności studenta do badań naukowych. To powoduje, że niektórzy z nich biorą udział w pracach studenckich kół naukowych, a zainspirowani przez swojego opiekuna mogą opracowywać referaty prezentowane najpierw na uczelnianych konferencjach kół naukowych, a potem publikowane w czasopiśmie. Współorganizują warsztaty i seminaria międzyuczelniane i uczestniczą w pracach naukowych i grantach ich opiekunów. W tym profilu brane są pod uwagę również dokonania naukowe nauczycieli akademickich.

Opierając się na przykładzie AGH, można powiedzieć, że prawie wszyscy absolwenci studiów inżynierskich pierwszego stopnia o profilu ogólnoakademickim podejmują

studia magisterskie. Najlepsi absolwenci studiów drugiego stopnia są zachęceni do podjęcia dalszych studiów w szkole doktorskiej.

Profil praktyczny zakłada jak najszybsze nabycie przez studenta wiedzy i umiejętności przydatnych na rynku pracy. Pomagają w tym warsztaty, laboratoria i projekty z większą liczbą godzin oraz obowiązkowe praktyki. Nauczanie teorii też jest potrzebne, bo stanowi ona solidny fundament, na którym budowane są wszystkie praktyczne umiejętności. Temat pracy dyplomowej ma charakter projektu, który często proponuje sam student, ponieważ wynika on z potrzeb rozwiązania zadania projektowego, jakie pracodawca podsunął w czasie praktyki. Absolwenci pierwszego stopnia profilu praktycznego po sześciomiesięcznej praktyce częściej podejmują już pracę niż decyzję o dalszym studiowaniu. Ciekawą formą rozwijającą współpracę między szkołami zawodowymi a pracodawcami są umowy o współpracy. Taką umowę podpisała np. Grupa Azoty w Tarnowie z Akademią Tarnowską. Zakłady tarnowskie przekazały na zasadzie przechowania do biblioteki AT duży zestaw książek o tematyce technologii chemicznych. Ułożony przez dział badawczy fabryki zestaw tematów prac dyplomowych dla studentów AT jest co roku modyfikowany i zawiera istotne zagadnienia technologiczne, konstrukcyjne, organizacyjne, na rozwiązanie których liczy zakład. Fabryka przyjmuje na praktyki studentów technologii chemicznych, ale też z kierunku automatyki, robotyki, informatyki i elektrotechniki. Zajęcia ze studentami na AT są prowadzone często przez specjalistów z tego zakładu przemysłowego – nawet gdy nie posiadają oni stopnia naukowego doktora. Współpraca z wykładowcami o dużym doświadczeniu zawodowym, którzy znają zapotrzebowanie zakładu na pracownika o określonej wiedzy, owocowała modyfikacją co jakiś czas programu studiów i wprowadzaniem nowych przedmiotów. Takie modyfikacje na kierunku automatyka i robotyka wymuszała również czwarta rewolucja przemysłowa zwana Przemysłem 4.0.

Z powyższego wynikają też ważne pytania związane z nauczaniem matematyki na pierwszym stopniu studiów technicznych. Czy na pierwszym stopniu studiów inżynierskich o profilu praktycznym powinny być nauczane wszystkie te same działy i zagadnienia matematyki, jakie są nauczane na pierwszym stopniu, ale o profilu ogólnoakademickim? Czy liczba godzin również powinna być taka sama? Czy np. analiza dynamiki i stabilności systemów nieliniowych (ich modelowanie), procesy stochastyczne oraz analiza szeregów funkcyjnych i dowody ich zbieżności nie powinny być przeniesione na drugi stopień magisterski, a elementy analizy funkcjonalnej, topologii i równań całkowych (Volterra, Fredholma) na studia doktorskie? Nie ma dokładnych wytycznych nie tylko dla kierunku automatyka i robotyka, ale również dla innych kierunków politechnicznych.

Na koniec można powiedzieć, że podobne rozwiązania szkolnictwa wyższego z podziałem na szkoły zawodowe, akademie i uniwersytety można znaleźć w Niemczech,

gdzie występują szkoły zawodowe (*Höhere Fachschulen, Fachhochschulen*) i akademie (*Akademien*). Jednak w przypadku profilu inżynierskiego częściej występuje tam system podobny do polskich studiów dualnych, ale jeszcze bardziej rozwinięty – student jest prowadzony równocześnie przez szkołę i w większej mierze przez zakład produkcyjny.

Bibliografia

- [1] E. Mięka-Bączek *Przeobrażenia instytucjonalne a jakość edukacji szczebla wyższego w Polsce w latach 1990–2006*, Uniwersytet Rzeszowski, 2009, Zeszyt 14, 461–473, <https://www.ur.edu.pl/files/ur/import/Zeszyty/zeszyt-14/37.pdf> [18.11.2025]
- [2] GUS, *Szkoły wyższe i ich finanse w 1999 roku*, GUS, Warszawa 2000, s. XVII
- [3] GUS, *Szkoły wyższe i ich finanse w 2006 roku*, GUS, Warszawa 2007, s. 20, 21
- [4] R. Płasek, *Przemiany szkolnictwa wyższego w Polsce po roku 1989 – w stronę komercjalizacji systemu?*, *Kwartalnik Pedagogiczny*, 2016, 1(239), 63–82
- [5] <https://sip.lex.pl/akty-prawne/dzu-dziennik-ustaw/wyzsze-szkoly-zawodowe-16798720> [26.08.2025]
- [6] *Ustawa z dnia 27 lipca 2005 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym* (Dz.U. 2005 nr 164 poz. 1365)
- [7] M. Chałupka, *Czy publiczna jest „państwowa”?*, *Forum Akademickie*, 2013, <https://prenumeruj.forumakademickie.pl/fa/2013/12/czy-publiczna-jest-panstwowa/> [19.11.2025]
- [8] *Ustawa z dnia 18 marca 2011 r. o zmianie ustawy – Prawo o szkolnictwie wyższym, ustawy o stopniach naukowych i tytułach naukowych oraz o stopniach i tytułach w zakresie sztuki oraz o zmianie niektórych innych ustaw* (Dz.U. 2011 nr 84 poz. 455)
- [9] *Ustawa z dnia 28 listopada 2017 r. Prawo o szkolnictwie wyższym* (Dz.U. 2017 poz. 2183)
- [10] *Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz.U. 2018 poz. 1668)
- [11] Wikipedia, 2025, https://pl.wikipedia.org/wiki/Uczelnie_techiczne_w_Polsce [26.08.2025]

Kształcenie w obszarze automatyki, robotyki i mechatroniki z punktu widzenia edukacji, nauki i biznesu

Krzysztof Oprzędkiewicz 

Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej, Katedra Automatyki i Robotyki, e-mail: kop@agh.edu.pl

6.1. Uwagi wstępne

W dniu 3 grudnia 2024 r. w Warszawie odbyło się spotkanie branżowe w ramach realizacji projektu „Porozumienie branżowe na rzecz kształcenia i szkolenia zawodowego. Zwiększanie udziału przedstawicieli i przedstawicielek branż w rozwoju kształcenia zawodowego i uczenia się w miejscu pracy”, zorganizowane przez Ministerstwo Edukacji Narodowej. Celem spotkania była dyskusja z przedstawicielami organizacji branżowych, pracodawców, ekspertów oraz administracji rządowej i instytucji otoczenia biznesu na temat zapotrzebowania branży na kadry średniego i niższego szczebla, sposobów pozyskiwania pracowników oraz potrzeb i oczekiwań branży związanych z kształceniem zawodowym.

Spotkanie było prowadzone przez Dyrektora Departamentu Szkolenia Zawodowego w MEN, Pana Piotra Bartosiaka. W spotkaniu wzięli udział przedstawiciele MEN, przedstawiciele firm i stowarzyszeń branżowych z branży automatyki i robotyki, dyrektorzy szkół zawodowych i centrów szkolenia zawodowego oraz przedstawiciele nauki i szkół wyższych.

6.2. Przebieg spotkania

Spotkanie zgodnie z planem obejmowało prezentację i dyskusję następujących zagadnień:

- prezentacja kształcenia zawodowego w dziedzinie automatyka, robotyka, mechatronika, przedstawienie możliwości współpracy pracodawców ze szkolnictwem branżowym, w tym z MEN;
- dyskusja na temat potrzeb kadrowych w branży oraz oczekiwań pracodawców związanych z kształceniem zawodowym;

- otwarta debata na temat wspólnych działań na rzecz przygotowania i doskonalenia kadr na potrzeby branży oraz rozwoju kształcenia zawodowego i uczenia się w miejscu pracy, debata miała miejsce podczas spotkania i była kontynuowana podczas obiadu.

6.3. Główne wnioski z dyskusji

Najważniejsze wnioski z dyskusji były następujące.

- Optymizmem napawa fakt, że w ostatniej dekadzie nastąpiło odrodzenie szkolnictwa zawodowego z zakresu automatyki, robotyki i mechatroniki i zainteresowanie młodzieży tego typu szkołami rośnie. Z tego względu można rekrutować coraz lepszych absolwentów szkół podstawowych, a poziom absolwentów szkół zawodowych w zakresie automatyki, robotyki i mechatroniki jest coraz wyższy.
- Problemy kadrowe w szkolnictwie branżowym z rozważanego zakresu są bardzo zbliżone do tego, co obserwujemy w szkolnictwie wyższym – najlepsi nauczyciele przedmiotów zawodowych migrują ze szkół do firm. Problemy kadrowe są często trudniejsze do rozwiązania niż problemy z wyposażeniem warsztatów i laboratoriów w sprzęt.
- Można zaobserwować rozdzwięk pomiędzy wiedzą i umiejętnościami absolwentów szkół zawodowych (na poziomie zarówno szkoły branżowej, jak i technikum) a oczekiwaniami pracodawców. Pracodawca oczekuje absolwenta wykształconego w stosunkowo wąskim zakresie i gotowego do szybkiego podjęcia pracy na określonym stanowisku, a szkoła nie jest w stanie tego zapewnić, gdyż musi kształcić na poziomie bardziej ogólnym.
- Wskazane zostały najważniejsze problemy związane z udziałem pracodawców w procesie kształcenia zawodowego: uczniowie praktykanci są zwykle dość „kłopotliwi” dla firmy, praca szkoleniowa utrudnia doświadczonym pracownikom realizację zadań ściśle związanych z działalnością firmy.
- W przypadku prowadzenia szkoły zawodowej przez większe firmy znikomy procent absolwentów decyduje się na podjęcie pracy w firmie, co stawia pod znakiem zapytania sensowność prowadzenia takiej szkoły.
- Obecnie są tworzone branżowe centra umiejętności z zakresu automatyki, robotyki i mechatroniki.
- Podczas opracowywania i modernizacji podstaw programowych kształcenia z rozważanej dziedziny należy zapewnić absolwentom dobre przygotowanie zawodowe, ale jednocześnie nie można im „zamykać drogi” do dalszego kształcenia w sensie przygotowania z przedmiotów ogólnokształcących. Zwrócono też uwagę na konieczność zwiększenia wymiaru godzinowego i zmiany organizacji praktyk zawodowych.

- Jako podstawowe przedmioty ogólne wymieniono matematykę, fizykę i (w ograniczonym zakresie) chemię. Podstawa programowa tych przedmiotów musi być z jednej strony dostosowana do profilu kandydata i umożliwiać opanowanie wiedzy z przedmiotów zawodowych, ale z drugiej powinna też umożliwiać ewentualną kontynuację kształcenia na innych kierunkach.
- Przy rozróżnieniu kształcenia w ramach pierwszej i drugiej kwalifikacji zwrócono uwagę, że pierwsza kwalifikacja powinna zapewnić podstawową wiedzę ogólną i umiejętności z zakresu automatyki. Powinno to ułatwić możliwość wyboru ścieżki dalszego kształcenia w ramach specjalizacji: automatyka, robotyka lub mechatronika. W ramach pierwszej kwalifikacji na specjalizację jest za wcześnie. Automatyka stanowi podstawę dla wszystkich pozostałych specjalności.
- Należy rozważyć wprowadzenie nowych specjalności w rozważanej dziedzinie z zakresu Przemysłu 4.0 i 5.0, internetu rzeczy i sztucznej inteligencji.
- Wszyscy uczestnicy spotkania zdecydowanie podkreślili konieczność rozwoju i zacieśnienia współpracy na linii: szkoły – pracodawcy – ministerstwo w zakresie kształcenia zawodowego w dziedzinie automatyka, robotyka i mechatronika oraz znaczenie tej dziedziny dla gospodarki.

6.4. Refleksje

Po rozmowach i dyskusji podczas spotkania oraz wielu latach pracy w szkolnictwie wyższym (37 lat pracy w AGH oraz 25 lat pracy w AT) autorowi nasunęły się następujące spostrzeżenia, omówione także w wywiadzie [1].

- Kształcenie w zakresie automatyki i robotyki musi być traktowane całościowo, począwszy od pierwszej kwalifikacji aż do uzyskania stopnia doktora, oczywiście z możliwością ukończenia edukacji na każdym wcześniejszym etapie i rozpoczęcia pracy zawodowej. Oznacza to, że absolwent po maturze i po drugiej kwalifikacji powinien z jednej strony być dobrze przygotowany do podjęcia pracy, ale w żadnym wypadku nie może mieć zamkniętej drogi na studia.
- Na podstawie wieloletniego udziału autora w postępowaniach doktorskich, habilitacyjnych i profesorskich można też stwierdzić, że w wielu wypadkach absolwenci szkół zawodowych bardzo dobrze sprawdzają się w pracy naukowej w dziedzinie nauk technicznych. Wykształcenie zawodowe bardzo ułatwia pracę w obszarze konstrukcyjnym i wdrożeniowym, gdyż kształtuje ono umiejętności z zakresu technicznej wykonalności idei naukowych, czego niejednokrotnie brakuje absolwentom szkół ogólnokształcących.

Ramy programowe w obszarze przedmiotów ogólnych (matematyka, informatyka, fizyka i ewentualnie chemia) powinny być skonstruowane w ten sposób, żeby umożliwić

kontynuację kształcenia na studiach (czyli de facto zdanie matury na odpowiednio wysokim poziomie). Z drugiej jednak strony muszą one być skoordynowane z przedmiotami zawodowymi.

6.5. Analiza SWOT

Na podstawie przebiegu dyskusji oraz własnych przemyśleń autora można sformułować analizę SWOT dla kształcenia w zakresie automatyki i robotyki. Jej ogólny zarys jest przedstawiony w tabeli 6.1.

Tabela 6.1
Analiza SWOT dla kształcenia zawodowego w zakresie automatyki i robotyki

Czynniki związane bezpośrednio z procesem kształcenia	Mocne strony	Słabe strony
	<ul style="list-style-type: none"> – wzrost zainteresowania kształceniem w rozważanym obszarze oraz idący za tym coraz lepszy poziom kandydatów; – odbudowa szkolnictwa zawodowego w obszarze automatyki i robotyki; – duże zaangażowanie kadry i coraz ciekawsza oferta dydaktyczna dla różnych grup kandydatów 	<ul style="list-style-type: none"> – trudna współpraca szkół zawodowych z firmami, zarówno w zakresie organizacji praktyk zawodowych, jak też w zakresie wpływu pracodawców na programy kształcenia; – trudna koordynacja programów przedmiotów ogólnych z zawodowymi
Czynniki zewnętrzne	Szanse	Zagrożenia
	<ul style="list-style-type: none"> – duże zapotrzebowanie gospodarki na absolwentów zarówno w obszarze produkcji przemysłowej, jak też innych branż: ochrony zdrowia, energii odnawialnej, inteligentnych budynków itp.; – niezależna od aktualnej sytuacji politycznej wola odbudowy szkolnictwa zawodowego na szczeblu rządowym i wola szerokiej współpracy w tym zakresie pomiędzy szkolnictwem, nauką, firmami i MEN; – wprowadzenie nowych specjalności w rozważanej dziedzinie z zakresu Przemysłu 4.0 i 5.0, internetu rzeczy i sztucznej inteligencji; – powiązanie automatyki i robotyki z sektorem obronnym 	<ul style="list-style-type: none"> – pogorszenie sytuacji gospodarczej i ponowna migracja produkcji poza Europę; – problemy z pozyskaniem i utrzymaniem kadry nauczycielskiej zarówno w obszarze kształcenia zawodowego (migracja do firm), jak też w obszarze przedmiotów ogólnych; – niż demograficzny; – pogorszenie sytuacji finansowej zarówno szkół, jak i państwa

6.6. Uwagi końcowe

Ogólne wnioski ze spotkania skłaniają do ostrożnego optymizmu w zakresie kształcenia zawodowego z automatyki i robotyki. Zainteresowanie tym obszarem kształcenia oraz zapotrzebowanie na absolwentów cały czas wzrasta i należy ten potencjał należycie wykorzystać z uwzględnieniem wszystkich omówionych wcześniej warunków.

Bibliografia

- [1] <https://www.gov.pl/web/edukacja/spotkanie-branzowe-z-sektorem-automatyki-robotyki-i-mechatroniki> [12.09.2025]

ISBN 978-83-68219-79-1 (PDF)



9 788368 219791