

Możliwości i ryzyka związane z automatyzacją weryfikacji pracy studentów na przykładzie przedmiotu Metrologia

1. Wstęp

We wstępie do publikacji [1] z *VI Kongresu Metrologii* organizowanym przez Politechnikę Świętokrzyską w 2013 roku Przewodniczący Kongresu, prof. dr hab. inż. Stanisław Adamczak nazwał metrologię królową badań stosowanych. Swoje słowa poparł faktem, że metrologia jest interdyscyplinarną dziedziną wiedzy łączącą zagadnienia teoretyczne i praktyczne technik pomiarowych realizowanych drogą eksperymentu. Podkreślił on nieocenienie metrologii w rozwoju współczesnej nauki poprzez wsparcie badań biomedycznych [2], chemicznych [3], diagnostycznych [4] oraz mających zastosowanie w energetyce, inżynierii lądowej czy ochronie środowiska [5].

Jeśli zatem metrologia obejmuje tak wiele dziedzin nauki, musi być powszechnie obecna w programach nauczania. Już uczniowie szkół podstawowych i średnich mają styczność z prostymi eksperymentami dokonywanymi podczas zajęć z chemii lub fizyki. Podczas tych elementarnych badań określają prędkość, czas, masę czy długość danego obiektu, co niewątpliwie można zaliczyć do zagadnień metrologicznych [6, 7]. Uczniowie techników bardziej zagłębiają się w aspekty teoretyczne – analizują błąd pomiaru i określają sposoby jego minimalizacji [8]. Na poziomie akademickim, studenci dogłębniej weryfikują sposób przeprowadzania eksperymentu z wykorzystaniem danych przyrządów pomiarowych, sprawdzają zasadność ich wykorzystania, analizują błędy wprowadzane przez przyrząd, metodę pomiaru oraz kontrolują samego użytkownika [9].

Na dwóch wydziałach Politechniki Gdańskiej, WETI (Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki) oraz WEiA (Wydział Elektrotechniki i Automatyki), prym wiodą badania wielkości elektrycznych i ich pochodnych [10]. Zatem zagadnienia przedstawiane studentom w trakcie nauki na studiach na tychże wydziałach koncentrują się na specyfice pomiarów napięć, prądu, mocy, rezystancji czy impedancji [11, 12]. Oczywiście są tam prowadzone bardziej zaawansowane badania, jednak baza metrologiczna pozostaje taka sama i obejmuje zagadnienia teoretyczne [13, 14] oraz praktyczne przeprowadzania pomiarów elektrycznych [15].

Na Wydziale Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki zagadnienia te są omawiane w ramach przedmiotu *Metrologia*. Zajęcia te stanowią podstawę wszelkich eksperymentów wykonywanych przez studentów w dalszym toku nauki. Stąd tak ważne jest zapewnienie przyszłym inżynierom solidnej podstawy już na pierwszych latach edukacji akademickiej. Nie będzie zbyt śmiałym stwierdzenie, że metrologia jest taką samą

¹ sylwia.babicz@eti.pg.edu.pl, Katedra Metrologii i Optoelektroniki, Wydział Elektroniki Telekomunikacji i Informatyki, Politechnika Gdańska, www.pg.edu.pl.

² palmowski@eti.pg.edu.pl, Katedra Metrologii i Optoelektroniki, Wydział Elektroniki Telekomunikacji i Informatyki, Politechnika Gdańska, www.pg.edu.pl.

podwaliną późniejszych przedmiotów, jaką stanowi matematyka w edukacji wczesno-szkolnej.

W toku nauki, również akademickiej, uczniowie muszą poddać się weryfikacji nabytej wiedzy. Powszechną praktyką jest wystawianie jednoznacznych ocen w postaci liczby opowiadającej opanowanemu materiałowi. W założeniu owa ocena ma odzwierciedlać wiedzę i kompetencje studenta z danego przedmiotu. Jako nauczyciele akademicy jesteśmy zobowiązani do weryfikacji postępów w nauce naszych studentów. W pracy [16] Autorki podkreślają, że „ocenianie jest jedną z najczęściej powtarzających się czynności w pracy dydaktycznej, ale jednocześnie sprawiającą nauczycielom (...) najwięcej trudności”. Problemem jest wyznaczenie jasnych kryteriów, które pozwolą na porównanie rezultatów osiągniętych przez studentów z zakresem wymagań.

Niniejsza praca przedstawia badania nad wpływem wprowadzania automatycznego oceniania pracy studentów w trakcie zajęć laboratoryjnych z przedmiotu *Metrologia*. Analizie poddane zostały wyniki osiągnięte przez trzy kolejne roczniki studentów. Rozważania mają na celu określenie, w jaki sposób ocenianie automatyczne pracy na laboratoriach dokonywane przez komputer wpływa na komfort pracy nauczyciela i studenta oraz jaki efekt dydaktyczny przynosi taka forma weryfikacji.

2. Cele stawiane studentom na przedmiocie *Metrologia*

Charakterystyka badań prowadzonych na WETI oraz kierunki studiów prowadzone przez tutejszych pracowników obejmują zagadnienia komputerowo wspomaganego metrologii i diagnostyki oraz systemów elektronicznych, a w szczególności: projektowanie systemów, mikrosystemów i makrosystemów elektronicznych, testowanie i diagnostykę elektroniczną, pomiary właściwości szumowych i zakłóceń, niezawodność, kompatybilność elektromagnetyczną, pomiary i spektroskopię impedancyjną oraz telemetrię i telediagnostykę internetową. Dziedziny te są spójne z efektami nauczania na kierunkach *Elektronika i Telekomunikacja (EiT)*, *Inżynieria Biomedyczna (IBM)* oraz *Automatyka, Cybernetyka i Robotyka* (dawniej *Automatyka i Robotyka*) (*ACiR*) prowadzonymi na WETI. Efekty nauczania takie jak:

- planowanie i przeprowadzanie eksperymentów związanych z kierunkiem studiów, w tym pomiarów i symulacji komputerowych oraz interpretowanie uzyskanych wyników i wyciąganie wniosków;
- analizowanie działania elementów, układów i systemów związanych z kierunkiem studiów oraz mierzenie ich parametrów i badanie charakterystyk technicznych, są realizowane w trakcie zajęć laboratoryjnych z przedmiotu *Metrologia* na semestrze trzecim studiów stacjonarnych pierwszego stopnia [17]. Laboratorium poprzedza wykład obywatelający się w semestrze drugim. O ile wykład ma za zadanie przedstawić studentom zagadnienia teoretyczne i terminologię niezbędną w kolejnych etapach edukacji, o tyle laboratorium wymusza na studentach zastosowanie właściwego nazewnictwa i praktyczne przećwiczenie eksperymentów omawianych w semestrze ubiegłym. Do takich ćwiczeń zalicza się:
 - pomiary napięć i prądów stałych i zmiennych;
 - pomiary rezystancji, pojemności, indukcyjności;
 - wykorzystanie cyfrowych metod pomiaru częstotliwości niskich i wysokich;
 - wykorzystanie cyfrowych metod pomiaru przedziałów czasu i fazy.



Do przeprowadzenia takich zajęć niezbędne jest odpowiednie zaplecze sprzętowe, które umożliwi studentom praktyczne zaznajomienie się z urządzeniami do przeprowadzania tego typu pomiarów. Podstawowymi miernikami wykorzystywanymi w trakcie zajęć są multimetry cyfrowe, zarówno te przenośne jak i laboratoryjne. Rzadziej stosowane są mierniki analogowe, takie jak multimetr magnetoelektryczny. Drugą grupą urządzeń, bez których nie mogłyby zostać przeprowadzone laboratoria są oscyloskopy. O ile bezdyskusyjnym jest nauczanie obsługi i możliwości pomiarowych oscyloskopu cyfrowego, o tyle coraz bardziej wątpliwym jest przedstawianie studentom oscyloskopu analogowego. Oscyloskop cyfrowy daje dużo więcej możliwości pomiarowych, ale zrozumienie sposobu jego działania jest zdecydowanie łatwiejsze po wykonaniu kilku ćwiczeń na oscyloskopie analogowym. Ponadto, w pewnych grupach pomiarów (np. w trybie XY), zdecydowanie prostszym jest użycie oscyloskopu analogowego, którego obsługa i możliwości pomiarowe są łatwiej dostępne. Trzecią grupą narzędzi pomiarowych wykorzystywanych na zajęciach laboratoryjnych są przetworniki. Przykładem takiego urządzenia jest integracyjny przetwornik analogowo-cyfrowy (AC) z podwójnym całkowaniem oraz przetwornik analogowo-cyfrowy bezpośredniego porównania równoległego i szeregowo-równoległego. Czwartą grupą aparatury pomiarowej są zasilacze i generatory.

Efektom nauczania przedmiotu powinna być umiejętność organizacji systemów pomiarowych i mierzenia parametrów wybranych przetworników a/c. Student powinien umieć dokonywać pomiarów dużych i małych rezystancji, napięcia, mocy, prądu, energii elektrycznej oraz parametrów impedancyjnych elementów RLC. Student powinien wzorcować mierniki elektryczne analogowe i cyfrowe. Musi umieć przebadać możliwości pomiarowe oscyloskopów analogowego i cyfrowego oraz mierzyć parametry sygnałów: czas, częstotliwość, przesunięcie fazowe. Istotnym jest, by nabył zdolności analizy wyników pomiaru i oceny dokładności pomiaru.

Jak widać, zajęcia laboratoryjne skupiają się na praktycznych zagadnieniach związanych z pomiarami i wykorzystaniem sprzętu pomiarowego. Z uwagi właśnie na ten aspekt praktyczny, zajęcia często stanowią wyzwanie dla studentów, którzy nigdy nie mieli okazji pracować z aparaturą pomiarową. Tę możliwość jeszcze bardziej ogranicza pandemia SARS-CoV-2, która wymusza na prowadzących tworzenie zajęć wirtualnych, opartych o symulacje i programy komputerowe. O ile nauczanie zdalne oraz powszechnie dostępne programy symulacyjne dają duże możliwości, to praktyka na rzeczywistym sprzęcie pomiarowym jest nieoceniona i nie może być pomijana w nauczaniu inżynierskim. Niestety, przez pandemię, zajęcia praktyczne są całkowicie zredukowane lub ograniczane do niezbędnego minimum, co znacząco wpływa na pogorszenie jakości nauczania. Oczywiście jest, że najlepsze efekty nauczania uzyskuje się przez praktykę, której obecni studenci są niemal pozbawieni. Jednocześnie, ograniczony dostęp do laboratoriów sprawia, że przy kontakcie ze aparaturą pomiarową studenci są jeszcze bardziej zagubieni i niepewni swoich działań.

3. Zajęcia laboratoryjne z Metrologii

Już organizacja zajęć z laboratorium „Metrologii” bywa dla studentów wyzwaniem. Przyzwyczajeni do zajęć całą klasą/grupą dziekańską w formie wykładów lub ćwiczeń, często nie mogą się odnaleźć w sali, gdzie na każdym stanowisku pomiarowym znajdują się jednocześnie generatory, zasilacze, oscyloskopy, multimetry i inne układy nie-



zbędne do wykonania ćwiczeń. Każdy student ma do dyspozycji jedno stanowisko pomiarowe, na którym pracuje samodzielnie. To kolejne wyzwanie dla studentów, którzy odwykli od autonomicznej pracy praktycznej.

Za każde z sześciu ćwiczeń student może uzyskać dziesięć punktów. Do roku akademickiego 2015/16 owe dziesięć punktów rozkładało się po pięć punktów za test sprawdzający na początku zajęć i pięć punktów za sprawozdanie wykonywane w domu na podstawie pomiarów z laboratorium. Taki system promował odpowiednie przygotowanie do zajęć, gdyż aż połowa punktów z przedmiotu pochodziła z testów. Niemniej jednak, studenci szybko zaczęli się uczyć pewnych zagadnień na pamięć, bez korelacji z ich praktycznym zastosowaniem na laboratorium. W rezultacie testy przestały spełniać swoją rolę – nie motywowały do przygotowania do zajęć, a do nauczenia się odpowiedzi na kilkanaście pytań na pamięć. Ponieważ drugą połowę punktów stanowiło sprawozdanie z zajęć laboratoryjnych, powinno to motywować studentów do rzetelnego wykonania ćwiczeń i starannej analizy otrzymanych wyników. Z biegiem lat studenci zaczęli jednak przekazywać sobie sprawozdania, których gotowe formatki można było bez trudu znaleźć w Internecie.

Dotychczasowy system oceniania stracił na wartości. Test i jego sprawdzenie zaczęły zajmować cenny czas oraz wprowadzać nieprzyjemną atmosferę już na początku zajęć. Techniczne wykonanie długiego sprawozdania również pochłaniało czas, który powinien być przeznaczony na analizę wyników, a nie na ich oprawę graficzną. Ponadto, już sam fakt, że studenci musieli zaliczyć test na 50% punktów powodował, że każdy ze studentów musiał uzyskać co najmniej 25% całościowej liczby punktów. Uzyskanie pozostałych 25% punktów do oceny pozytywnej było zadaniem bardzo łatwym. W efekcie wszyscy studenci byli niemal przymuszani do zaliczenia przedmiotu, a większość z nich uzyskiwała ocenę dobrą lub nawet ponad dobrą. Ciężko było docenić bardzo dobrych studentów wyższą oceną. Finalnie zatem studenci bardzo przeciętni uzyskiwali oceny jedynie o pół stopnia niższe od studentów bardzo dobrych.

Od roku akademickiego 2016/2017 przyjęto inny system, który miał postawić nacisk na pracę studentów w trakcie zajęć. Dotychczasowy test zastąpiono dobrowolną odpowiedzią ustną, do której studenci zgłaszają się sami. Brak przymusu do przystąpienia do testu zmniejszył stres studentów, a forma ustna pozwala na bardziej indywidualny kontakt z prowadzącym. W ramach odpowiedzi ustnej prowadzący może zadać pytanie zarówno w trakcie zajęć jak i na ich końcu. To rozszerzyło wachlarz możliwości pytań – od teoretycznych będących podstawą wykonywanych zadań, po pytania dotyczące wyników własnie wykonanych ćwiczeń, które motywują studentów do analizy i wnioskowania. Liczba punktów możliwych do uzyskania za odpowiedź wynosi cztery. Taka sama liczba punktów została przeznaczona na ocenę pracy na zajęciach. W rezultacie studenci, którzy dobrze przygotowali się do zajęć i ze zrozumieniem przeanalizowali instrukcję laboratoryjną mogą z sukcesem przystąpić do odpowiedzi ustnej i sprawnie wykonać zadania w trakcie laboratorium. Liczba punktów za sprawozdanie została ograniczona do dwóch. Ponadto sprawozdanie również oddają tylko ci studenci, którzy chcą je wykonać.

Nowy system oceniania sprawił, że studenci przestali uczyć się na pamięć gotowych pytań. Zapytani o dane zagadnienie nawet w trakcie laboratorium umieją połączyć teorię z aktualnie wykonywanym zadaniem. Zyskali też cenny czas zajęć, który do tej

pory był tracony na sprawdzanie przez prowadzącego testów. Sama odpowiedź przestała być również stresująca, gdyż podchodzi do niej tylko chętni.

Ta możliwość wyboru zarówno zgłoszenia się do odpowiedzi jak i wysłania sprawozdania powoduje, że student musi samemu dbać o swoje sprawy – liczyć punkty i mieć świadomość, ile jeszcze musi zrobić by uzyskać satysfakcjonującą ocenę. Tym samym ponosi naturalną konsekwencję swoich działań i nie jest do niczego przymuszany. Z jednej strony rozluźnia to atmosferę na zajęciach, bo studenci nie odczuwają stresu wynikającego z konieczności zaliczenia testu by być dopuszczonym do zajęć. Z drugiej strony pozwala to na dywersyfikację ocen – studenci, dla których przedmiot ten nie jest istotny uzyskują jedynie ocenę dostateczną, a ci, którzy się starają i mocno pracują otrzymują ceny dobre+ i bardzo dobre.

Do roku akademickiego 2018/19 praca na zajęciach była oceniana w dwojaki sposób: przez prowadzącego na ćwiczeniach 1, 2, 3, 5 i 6 oraz za pomocą dedykowanego programu komputerowego na ćwiczeniu 4. Od roku akademickiego 2018/2019 praca na zajęciach na ćwiczeniu 1 jest oceniana za pomocą programu. Zarówno na ćwiczeniu 1 jak i 4 program śledzi kolejne kroki wykonywane przez studenta i weryfikuje ich poprawność. Zatem nie jest oceniany jedynie finalny wynik ćwiczenia, ale także sposób przeprowadzenia eksperymentu.

Istnieje jednak znacząca różnica w przyznawaniu punktów za ćwiczenia 1 i 4. W ćwiczeniu 1 za każdy element zadania można otrzymać punkty. W przypadku popełnienia błędu student nie otrzymuje punktów za dany element, jednak aby przejść do kolejnego elementu musi w końcu wykonać poprzedzający poprawnie. W ćwiczeniu 4 od puli punktów za dane zadanie student ma odejmowane punkty za każdorazowy błąd w zadaniu. Nie można otrzymać mniej niż 0 punktów za zadanie, jednak popełnianie tego samego błędu skutkuje za każdym razem odjęciem 20% punktów możliwych do zdobycia za dane zadanie. Przykładową punktacją prezentuje tabela 1. Na ćwiczeniu 4 studenci mogą wykonać zadania dodatkowe i w rezultacie uzyskać nie 4, a 5 punktów (czyli otrzymać 1 punkt więcej).

Tabela 1. Przykładowa punktacja na ćwiczeniu 4 w zadaniu 1

Liczba popełnionych błędów	Liczba otrzymanych punktów za zadanie 1 (max. 200 punktów)
0	200
1	160
2	120
3	80
4	40
5	0
6	0
7	0

4. Badania grupa

Analizie poddano wyniki uzyskane przez studentów specjalności EiT, IBM raz ACiR w latach akademickich:

- 2017/18 – 49 osób;
- 2018/19 – 96 osób;
- 2019/20 – 156 osób.

Wszyscy studenci byli oceniani przez tego samego prowadzącego zajęcia laboratoryjne. Analizie nie poddano roku akademickiego 2020/2021 gdyż z uwagi na obostrzenia wynikające z pandemii SARS-CoV-2 [18] zajęcia odbywały się w innym systemie oraz przy zmienionej punktacji.

Ponadto analizie poddano jedynie ćwiczenia 1-4, z pominięciem ćwiczeń 5 i 6, gdyż punktacja tych ostatnich nie wnosi znaczącej wiedzy do artykułu, ponieważ nie odbiega od punktacji ćwiczeń 2 i 3.

5. Wady i zalety oceniania automatycznego

Głównym celem rzetelnych wykładowców jest przygotowanie studentów do pracy zawodowej oraz zainspirowanie ich do dalszych badań naukowych w szkole doktorskiej. Obserwowana jest niepokojąca tendencja studentów do chęci zdobycia jedynie tytułu zawodowego. W takiej sytuacji nawet najlepszy pedagog, który stawia studentom wymagania jest przez nich postrzegany jako osoba uniemożliwiająca im osiągnięcie celu w postaci zaliczenia przedmiotu w sposób łatwy i bezstresowy.

Z rozmysłem zostało tu użyte stwierdzenie mówiące o „zaliczeniu przedmiotu” – nie zdobyciu wiedzy czy umiejętności. Studenci pragnący się rozwijać, czyli tacy, którzy na studia przyszli po wiedzę zazwyczaj nie mają problemu ze stawianymi im wymaganiami. Studenci niepewni swej wiedzy, mający poczucie niepełnego przygotowania do zajęć obawiają się zajęć laboratoryjnych, gdzie muszą wykazać się umiejętnościami praktycznymi. Tym sposobem prowadzący oceniający pracę na zajęciach często jest widziany jako oponent studenta.

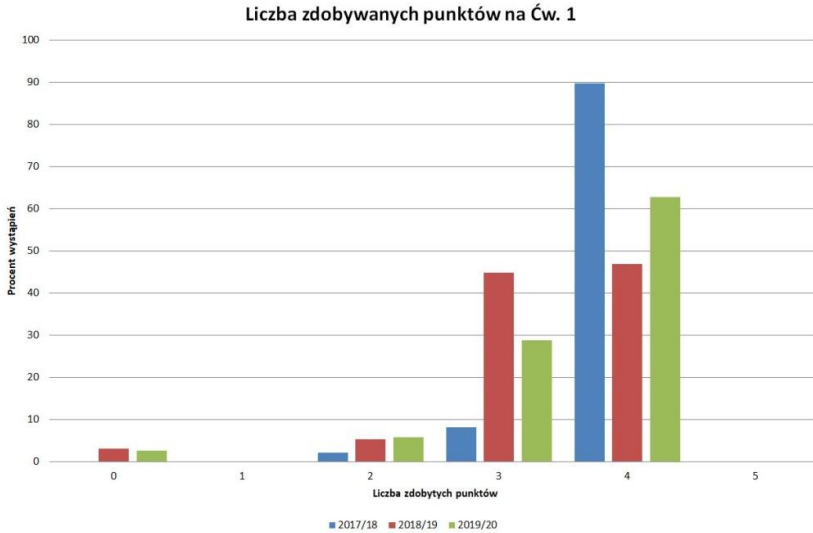
Zatem można się spodziewać, że ocenianie automatyczne, za pomocą programu komputerowego, powinno być dla studentów przyjemniejsze w odbiorze. Tymczasem, na zajęciach jak i w ankietach studenckich często można znaleźć skargi:

- „Rany, jakie to stresujące...”;
- „Boje się kliknąć *Dalej*...”;
- „Jeden błąd i już mniej punktów”;
- „Kliknięcie *Sprawdź* powoduje takie napięcie”.

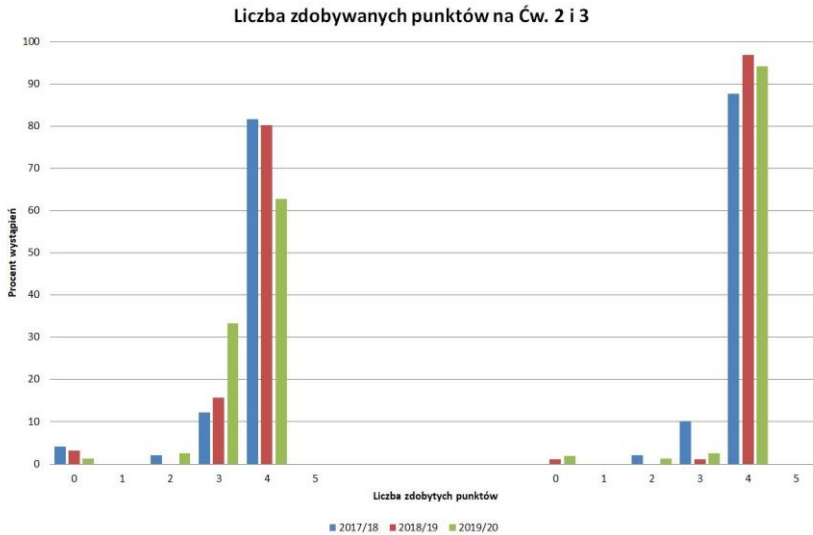
Okazuje się, że obiektywny system oceniania automatycznego powoduje stres, gdyż wykrycie błędu jest nieuniknione. Nieuchronne wykrywanie i rejestrowanie błędów przez program ma za zadanie ocenić kolejne kroki podczas wykonywania eksperymentu. Gdy ćwiczenie ocenia prowadzący, zazwyczaj bierze on pod uwagę całokształt pracy na zajęciach i liczbę wykonanych dobrze zadań. Nie są dostrzegane pojedyncze błędy i pomyłki.

Można zatem powiedzieć, że prowadzący nie jest tak skrupulatny w rejestracji błędów studentów jak program komputerowy. Przez to Studenci otrzymują więcej punktów na ćwiczeniach ocenianych przez prowadzącego. Ma to swoje odzwierciedlenie w wynikach uzyskanych na ćwiczeniu 1 przez studentów z roku akademickiego 2017/2018 (ocenianie przez prowadzącego) oraz z lat 2018/2019 i 2019/2020 (ocenianie automatyczne) (wyk. 1). Jak widać, studenci oceniani przez prowadzącego uzyskali większą liczbę punktów niż studenci oceniani przez program komputerowy.

Sytuacja wygląda podobnie w przypadku ćwiczeń 2 i 3 – pomijając fakt, że za ćwiczenie 4 można otrzymać 5 punktów, to na tych dwóch ćwiczeniach (ocenianych w dalszym ciągu przez prowadzącego), studenci uzyskują bardzo dobre wyniki (wyk. 2).



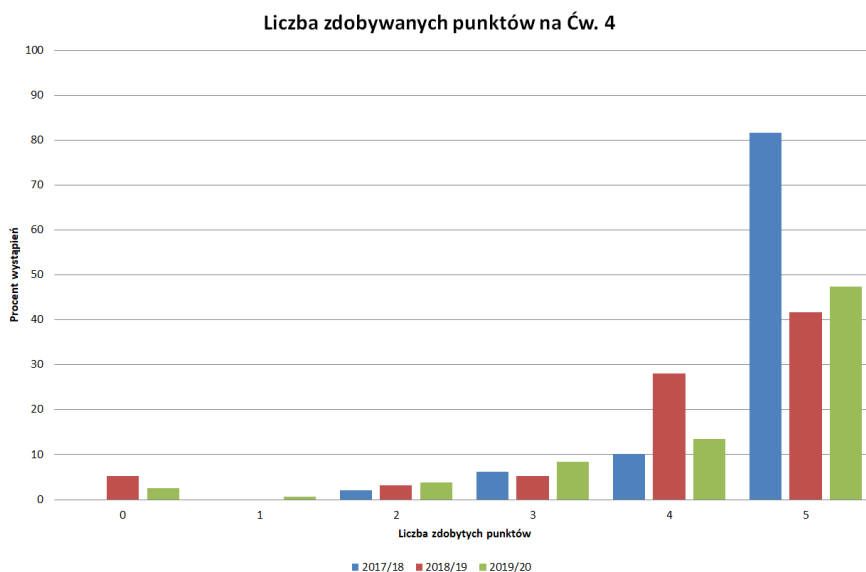
Wykres 1. Liczba zdobytych przez studentów za pracę na zajęciach na ćwiczeniu 1 w latach akademickich 2017/2018, 2018/2019 i 2019/2020 [opracowanie własne]



Wykres 2. Liczba zdobytych przez studentów za pracę na zajęciach na ćwiczeniach 2 (po lewej) i 3 (po prawej) w latach akademickich 2017/2018, 2018/2019 i 2019/2020 [opracowanie własne]

Interesujące są wyniki uzyskiwane przez studentów na ćwiczeniu 4 – teoretycznie najtrudniejszym, gdyż za każdy błąd są odejmowane punkty w obrębie danego zadania. Dzięki dodatkowym zadaniom studenci nadrabiają stracone punkty, a nawet uzyskują powyżej 4 punktów za pracę na zajęciach (wyk. 3). Można wywnioskować, że po ćwiczeniu 1 zrozumieli oni mechanizm oceniania przyjęty przez program komputerowy i przykładają większą wagę do kolejnych kroków eksperymentu. Byłoby to bardzo dobrym znakiem, gdyż jednym z celów przedmiotu jest wyczulenie studentów na sposób przeprowadzania pomiarów, a nie tylko na końcowy efekt.





Wykres 3. Liczba zdobytych przez studentów za pracę na zajęciach na ćwiczeniu 4 w latach akademickich 2017/2018, 2018/2019 i 2019/2020 [opracowanie własne]

Niewątpliwą zaletą oceniania w sposób automatyczny jest komfort pracy prowadzącego – może on skupić się na pomocy studentom bez rejestracji ich ewentualnych błędów. Jest to szczególnie istotne, gdy zajęcia zaczyna prowadzić nowy wykładowca. O ile sprzęt laboratoryjny działa poprawnie, program jest dla niego gigantycznym ułatwieniem. Prowadzący nie jest również obciążony dylematami dotyczącymi obiektywizmu oceniania – nie zawsze ta sama liczba błędów jest równoważna. Ciężko jest to wyjaśnić studentom, którzy nie mają jeszcze wystarczającej wiedzy nie rozumieją, że błąd popełniony przy odczycie wyniku nie jest równy błędowi podłączenia układu, który może zagrozić zdrowiu użytkownika lub skutkować zniszczeniem sprzętu pomiarowego.

Jednocześnie studentom łatwiej jest zadać pytanie prowadzącemu i rozwiązać ewentualne wątpliwości, gdyż nie obawiają się odjęcia punktów. Mają oni także poczucie sprawiedliwości, bo wiedzą, że wszyscy są oceniani dokładnie tak samo. Jest to tym istotniejsze, im więcej osób prowadzi zajęcia w różnych grupach laboratoryjnych. Oczywiście jest, że każdy z prowadzących będzie oceniał pracę na zajęciach sposób dla siebie charakterystyczny. Program komputerowy eliminuje te różnice i pozwala porównać efekty prac studentów z różnych grup laboratoryjnych.

Największym zagrożeniem płynącym z automatycznego oceniania jest konieczność zapewnienia możliwie bezawaryjnego sprzętu na zajęciach. Jeśli bowiem program ocenia dane zadania na podstawie odczytu parametrów z konkretnych urządzeń, nie możemy zastąpić tychże urządzeń innymi mimo, że pełnią taką samą funkcję. Jeśli następuje awaria, prowadzący musi mieć opracowany plan działania, oparty na znajomości funkcjonowania programu. Rozpatrując jedynie aspekt sprzętowy należy wyraźnie zaznaczyć, że niezbędne są duża wiedza i doświadczenie prowadzącego. W przypadku konieczności zapewnienia zastępstwa nie jest łatwo o innego wykładowcę, który sprostą obsłudze programu i sprzętu w sytuacji awaryjnej.

Niewątpliwą wadą takiego rozwiązania jest konieczność napisania odpowiedniego programu komputerowego oraz jego przetestowanie. To bardzo żmudny proces wymagający wiedzy nie tylko programistycznej, ale także specyfiki przedmiotu. Nawet gdy program zostanie napisany, musi on zostać przetestowany i zabezpieczony przed błędami studentów, co jest zadaniem niełatwym i żmudnym.

Jak wynika z reakcji i relacji studentów, ocenianie automatyczne jest dla nich bardziej stresujące. Wynika to prawdopodobnie z nieuchronności poniesienia konsekwencji z popełnianych błędów. O ile przy ocenianiu przez prowadzącego pewne błędy mogły pozostać niezauważone lub pominięte, o tyle program komputerowy nie jest już tak wyrozumiały. Mimo tego, studenci po praktyce na ćwiczeniu 1, przechodząc do ćwiczenia 4 uzyskują na nim bardzo dobre wyniki. Zatem ich obawy są nieuzasadnione.

6. Podsumowanie

Wprowadzenie automatycznego oceniania nie musi iść w parze z odcięciem kontaktu prowadzącego ze studentami. Dzięki takiemu rozwiązaniu wykładowca może poświęcić więcej uwagi studentom nie czując przy tym presji bycia posądzonym o brak obiektywizmu. Zrzucenie odpowiedzialności za ocenianie pracy na zajęciach na program komputerowy pozwala prowadzącemu na skupienie się na realnych potrzebach studentów i ich problemach w trakcie wykonywania zadań.

Jednocześnie ocenianie za pomocą programu wymusza na studentach większą uważność w wykonywaniu zadań. Jest to spowodowane stresem wynikającym z nieuchronności obniżenia punktacji. Możliwe, że środek użyty do realizacji tego celu przedmiotu (nauczenia poprawnego wykonywania pomiarów) nie jest najlepszy, jednak na tym etapie edukacji akademickiej jest wystarczający.

Mimo nielicznych wad automatyzacja oceny pracy na zajęciach jest uzasadniona. Te rozwiązanie, wymagające bardzo dużego początkowego nakładu pracy, jest bardzo praktyczne i niezmiernie ułatwia prowadzenie zajęć oraz osiągnięcie zamierzonych efektów kształcenia.

Literatura

1. Materiały konferencyjne VI Kongresu Metrologii, Kielce-Sandomierz 2013 r., Politechnika Świętokrzyska.
2. Dziuban E., Wilk B., *Problemy metrologiczne w biopomiarach – Ćwiczenia laboratoryjne dla studentów specjalności Komputerowe systemy Informacyjno-Pomiarowe*, PAK, vol. 53, nr 9bis, Gliwice 2007.
3. Bulska E., *Metrologia chemiczna: sztuka prowadzenia pomiarów*, Wydawnictwo Malamut, Warszawa 2012.
4. Lentka G., *Diagnostyka obiektów trudno dostępnych*, Wiadomości Elektrotechniczne, nr 8, Warszawa 2006.
5. Ruśkowska P., Ramotowski Z., *Kierunki rozwoju metrologii a europejskie programy badawcze*, L Międzyuczelniana Konferencja Metrologów, Zeszyty Naukowe Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej, nr 59, Gdańsk 2018.
6. Piotrowski J., *Podstawy Metrologii*, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1977.
7. Jarowski J., Morawski R., Olędzki J., *Wstęp do metrologii i techniki eksperymentu*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1992.
8. Piotrowski J., *Podstawy Miernictwa*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2002.
9. Cysewska-Sobusiak A., *Znaczenie metrologii i inżynierii pomiarowej we współczesnym kształceniu interdyscyplinarnym*, L Międzyuczelniana Konferencja Metrologów, Zeszyty



- Naukowe Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej, nr 59, Gdańsk 2018.
10. Świsulski D., *Nauczanie miernictwa elektrycznego na Politechnice Gdańskiej, Metrologia dziś i jutro*, praca zbiorowa pod redakcją Kicińskiego W. i Swędrowskiego L., Politechnika Gdańska, Wydział Elektrotechniki i Automatyki, Gdańsk 2009.
 11. Łapiński M., *Miernictwo i przyrządy pomiarowe*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1963.
 12. Piotrowski J., *Podstawy Metrologii*, Skrypty Uczelniane Nr 293, Politechnika Śląska im. W. Pstroskiego, Gliwice 1971.
 13. Jaworski J., *Matematyczne podstawy metrologii*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1979.
 14. Sydenham P.H., *Podręcznik metrologii*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1988.
 15. Parchański J., *Miernictwo elektryczne i elektroniczne, Podręcznik dla technikum*, Wydawnictwa Szkole i Pedagogiczne, Warszawa 1998.
 16. Babiarska M., Krzeczowska M., Maciejowska I., *Ocenianie studentów (formy, zasady, pułapki)*, [w:] *Jak kształcić studentów chemii i kierunków pokrewnych? Podręcznik nauczyciela akademickiego*, Wydział Chemii Uniwersytet Jagielloński, Kraków 2008.
 17. Karta przedmiotu *Metrologia* na wydziale Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki dla kierunku *Elektronika i Telekomunikacja* sem. 2 i 3.
 18. Komunikat Rektora PG wraz ze stanowiskiem Władz WETI dot. Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 16 marca 2020 r.

Możliwości i ryzyka związane z automatyzacją weryfikacji pracy studentów na przykładzie przedmiotu Metrologia

Streszczenie

Automatyzacja oceniania pracy na zajęciach laboratoryjnych jest zagadnieniem dydaktycznie interesującym. Nie jest to tradycyjna weryfikacja osiągniętych rezultatów w postaci kolokwium czy egzaminu, a ocena sposobu przeprowadzania eksperymentu. Należy zatem zwrócić uwagę nie tylko na osiągnięty efekt końcowy, ale także na samą drogę prowadzącą do tegoż efektu. Taka forma oceniania ma swoje wady i zalety, które zostały poddane analizie i skomentowane. Za źródło danych posłużyły osiągnięcia punktowe studentów trzech kierunków prowadzonych na Wydziale Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki Politechniki Gdańskiej uczęszczających na przedmiot Laboratorium Metrologii. W trakcie ćwiczeń studenci byli oceniani zarówno przez prowadzących zajęcia, jak i program komputerowy, który śledził kolejne kroki podczas wykonywania eksperymentów. Autorzy ocenili, jaki wpływ ma automatyzacja oceniania pracy na zajęciach pod względem mentalnym dla studentów oraz prowadzących oraz pod względem liczby uzyskanych punktów. Wyniki badań sugerują, że obiektywna automatyzacja oceniania jest dużo bardziej restrykcyjna.

Słowa kluczowe: metrologia, elektronika, dydaktyka

Opportunities and risks related to the automation of the verification of students' work on the example of the Metrology subject

Abstract

Automation the assessment of work in laboratory classes is a didactically interesting issue. It is not a traditional verification of the achieved results, like a colloquium or exam, but an evaluation of the way in which the experiment is carried out. Therefore, attention should be paid not only to the final result, but also to the path leading to this effect. The article shows the analysis and discussion of the advantages and disadvantages of the way of assessment. As the source of data the scores of students of three fields of study at the Faculty of Electronics, Telecommunications and Informatics of the Gdańsk University of Technology we used. During the exercises at Metrology Laboratory course, the students were assessed both by the teachers and the computer program which followed each step during the experiments. The authors assessed the impact of the automation of working in terms of mentality for students and teachers and in terms of the number of points obtained by students. Research results suggest that objective grading automation is much more restrictive and unpleasant for students.

Keywords: metrology, electronic, teaching

