

## Recenzja

### rozprawy doktorskiej Pani mgr **BARBARY BORKOWICZ** pt. *Wykorzystanie narzędzi robotyki w nauczaniu informatyki*

Praca jest poświęcona roli robotów w nauczaniu, w szczególności w **kształceniu informatycznym**<sup>1</sup>, oraz skuteczności ich wykorzystania dla realizacji celów tego kształcenia, nakreślonych w aktualnie obowiązującej podstawie programowej.

Praca składa się z dwóch rozdziałów. Pierwszy rozdział to Studium literatury (str. 5-42), w którym Autorka najpierw ogólnie charakteryzuje rolę nauczyciela, sytuację w krajowej edukacji i potrzeby uczniów. Następnie przytacza wybrane wydarzenia z historii edukacji informatycznej w Polsce i przedstawia wyzwania, jakie stoją przed kształceniem informatycznym. Ten rozdział kończy opis metody LEGO Education, wykorzystanej w badaniach, które stanowiły główny cel pracy, ich wyniki są opisane w drugim rozdziale.

Drugi rozdział pracy stanowi jej zasadniczą część (str. 43-137). Poświęcony jest badaniom przeprowadzonym przez Autorkę wśród różnych grup uczniów, studentów oraz nauczycieli. Ich celem była analiza skuteczności wykorzystania narzędzi LEGO Education, głównie w realizacji podstawy programowej informatyki na różnych poziomach szkolnej edukacji.

Roboty mają długą historię w edukacji. Pierwszym był żółw – LOGO Turtle – którym miały sterować programy pisane w języku Logo<sup>2</sup>. Po kilku latach tą ideą zainteresował się producent klocków LEGO i tak powstała konstrukcja LEGO MINDSTORMS. Obecnie, roboty stanowią jedną z najszybciej rozwijających się branż pomocy dydaktycznych, jak również branżą zabawek oraz rozwiązań wyposażonych w mechanizmy sztucznej inteligencji.

Recenzowana praca jest jedną z niewielu prac doktorskich poświęconych dydaktyce informatyki, tutaj skupionej na roli robotyki edukacyjnej. Zaplanowane działania badawcze Autorki musiały być jednak przerwane i ograniczone przez warunki pandemii. Wpłynęło to na ograniczenie zakresu a zwłaszcza skali badań. I chociaż wyniki nie są w pełni reprezentatywne dla tej tematyki, wnoszą jednak ważne wnioski, które mogą być dalej badane i potwierdzone już na odpowiednich populacjach uczniów i nauczycieli.

Recenzja zawiera wiele uwag, często ogólnych i wykraczających poza zakres rozważań Autorki. Mają one na celu, z jednej strony – zwrócenie uwagi na szerszy kontekst teoretyczny i praktyczny prowadzonych rozważań, również historyczny, a z drugiej – przygotowanie szerszego gruntu dla dalszych badań Autorki. Uwagi te mogą być również przydatne w przygotowaniu ewentualnej publikacji wyników badań.

W dalszej części odnoszę się osobno do kolejnych dwóch rozdziałów.

---

<sup>1</sup> Przez kształcenie informatyczne rozumiemy wydzielone zajęcia z informatyki. W nauczaniu wczesnoszkolnym zajęcia informatyczne noszą nazwę edukacji informatycznej i zgodnie z ideą tego etapu edukacji stanowią one jeden z elementów kształcenia zintegrowanego, w którym nie wyróżnia się przedmiotów. Ogólnie, terminem edukacja informatyczna określa się wszelkie działania związane z komputerami i informatyką w edukacji.

<sup>2</sup> Obraz tego żółwia jest pokazany na stronie sąsiadującej ze stroną tytułową w oryginalnym wydaniu książki S. Papert, *Mindstorms. Children, Computers, and Powerful Ideas*, Basic Books 1980 (*Burze Mózgów. Dzieci i Komputery*, WN PWN, 1996.)



## Rozdział 1. Studium literatury

Kompetencje nauczyciela w każdym zakresie (przedmiocie) edukacji obejmują trzy główne obszary: merytoryczny, dydaktyczno-metodyczny i wychowawczy. Państwo dba o poziom przygotowania nauczycieli określając w dokumentach rządowych standardy kształcenia przygotowującego do wykonywania zawodu nauczyciela (ostatnia modyfikacja z września 2023). Autorka zwraca również uwagę na przygotowanie nauczycieli do korzystania w pracy dydaktycznej z technologii, która podlega bardzo szybkim zmianom.

W kolejnym punkcie Autorka przytacza wyniki raportów NIK dotyczących organizacji pracy nauczycieli oraz nauczania matematyki. Oba raporty zawierają wiele krytycznych uwag adresowanych do resortu edukacji, niestety sytuacja nauczycieli i nauczania w szkołach (na przykładzie matematyki) nie ulega zmianie.

Krytyka Autorki odnosi się zwłaszcza do systemu kształcenia (czyli w uczelniach) przyszłych nauczycieli, nie tylko matematyki. Badania i doświadczenia dydaktyków potwierdzają, że w przygotowaniu nauczycieli zbyt mało uwagi poświęca się „miękkim” kompetencjom kandydatów na nauczycieli w zakresie psychologii, pedagogiki i dydaktyki przedmiotowej. Z niewielkimi wyjątkami (jak na UAM), kształcenie nauczycieli w uniwersytetach jest zepchnięte na ostatnie lata studiów po 2-3 latach ostrych studiów w danej dziedzinie, nie ma wtedy zbyt wielkiej swobody na organizację pełnego przygotowania pedagogicznego przyszłych nauczycieli. Osobiście uważam, że sytuacja może ulec zmianie dopiero wtedy, gdy uniwersytety będą ZOBOWIĄZANE kształcić nauczycieli na pełnych nauczycielskich studiach pięcioletnich<sup>3</sup> – publiczne uniwersytety powinny mieć obowiązek kształcić pracowników (nauczycieli) dla publicznych instytucji (szkół)! Obecnie, sytuacja życiowa nauczycieli powoduje, że odchodzą od zawodu, a także kandydaci do zawodu rezygnują z kontynuacji studiów – przykładem może być kierunek Nauczanie Matematyki i Informatyki w UAM. W przypadku nauczycieli informatyki sytuację pogorsza łatwość znalezienia znacznie lepiej płatnej pracy poza edukacją.

Kolejny punkt (1.3) Autorka poświęca potrzebom uczniów, związanym zwłaszcza z dezaktualizacją wiedzy i kompetencji w czasach szybkich zmian w technologii i globalizacji społeczeństw. Przytacza tutaj, na podstawie dokumentu MEiN z 2019 roku wykaz sześciu obszarów priorytetowych, jednak w dalszej części cytuje wykaz ośmiu kompetencji kluczowych w procesie uczenia się pochodzących z Zalecenia Parlamentu Europejskiego i Rady z 2006 roku. Wadą tego wykazu jest zgrupowanie w czterech pierwszych punktach kompetencji związanych z czterema przedmiotami (j. polski, j. obcy, matematyka, informatyka), a dopiero na dalszych miejscach kompetencji ponadprzedmiotowych. Jak komentuje, kompetencje te „stanowią podstawę nauczania w polskich szkołach” i tak rzeczywiście jest zgodnie z obowiązującą podstawą, w której każdy przedmiot stanowi oddzielny obszar kształcenia, chociaż preambuła podstawy zapowiada podejście holistyczne, niezrealizowane jednak. Właściwe byłoby tutaj odwołanie się do kompetencji XXI wieku, omówionych na przykład tutaj: [https://en.wikipedia.org/wiki/21st\\_century\\_skills](https://en.wikipedia.org/wiki/21st_century_skills). Jeden z takich zestawów kompetencji obejmuje:

1. umiejętność rozwiązywania problemów i podejmowania decyzji;
2. twórcze i innowacyjne oraz krytyczne myślenie;
3. zdolność komunikowania się i współpracy;
4. umiejętność prowadzenia negocjacji;
5. intelektualna ciekawość;
6. umiejętność krytycznego wyszukiwania, selekcji, porządkowania i oceniania informacji; w tym z użyciem technologii;
7. wykorzystywanie wiedzy w nowych sytuacjach, integrowanie technologii z kształceniem i własnym rozwojem.

Zauważmy, że – po pierwsze – technologia pojawia się *explicite* dopiero w przedostatnim punkcie i – po drugie – te kompetencje nie są skupione na przedmiotach nauczania, ale rozciągają się ponad dziedzinami kształcenia, dotyczy to zwłaszcza posługiwania się technologią, przydatną i bardzo często niezbędną w nabywaniu tych kompetencji i posługiwaniu się nimi. Można jednak zauważyć, że te kompetencje nie są całkowitą nowością dla systemów edukacji – krytyczne myślenie, wykorzystywanie wiedzy w nowych sytuacjach, czy rozwiązywanie problemów zawsze stanowiły cel edukacji.

<sup>3</sup> Piszę o tym w M.M. Sysło, *List Otwarty dotyczący kształcenia informatycznego w szkołach w Polsce*. Przedstawione w tym Liście argumenty odnoszą się również do innych dziedzin kształcenia.



Nowością jest natomiast kontekstualizacja tych kompetencji i ich znaczenie w obecnych warunkach ekspansji technologii w edukacji oraz w życiu zawodowym i osobistym obywateli. Komentując wyniki swoich badań Autorka często powołuje się na zakres i stopień opanowania tych kompetencji 1-7 przez uczniów biorących udział w badaniach.

W kolejnym punkcie (1.4) Autorka odwołuje się do wybranych momentów w historii rozwoju edukacji informatycznej w Polsce przytaczając również światowe trendy w edukacji i jej rozwoju wspieranego technologią. W tym fragmencie brak jest precyzji i właściwej interpretacji zachodzących zjawisk. Bardzo szczegółowy opis historii komputerów w edukacji w Polsce zamieszczono w (Sysło, 2014)<sup>4</sup>, a w (Sysło, 2023)<sup>5</sup> przełożono ostatnie ponad 50 lat tej historii na język współczesnych trendów, myślenia komputacyjnego i informatyki bez komputerów (*unplugged*). Historia to żywy organizm i co więcej (C.K. Norwid) „Aby drogę poznać przyszłą trzeba pomnieć, skąd się przyszło”, co zilustrowano w pracy (Sysło, 2023).

Nie jest prawdą, że (str. 24) „konstruktywizm, którego twórcą jest Papert”. Za twórców konstruktywistycznego uczenia się uznaje się Jeana Piageta, a także Lwa Wygotskiego i Jeremiego S. Brunera. Seymour Papert jest twórcą konstrukcjonizmu, będącego poszerzeniem konstruktywizmu. Zgodnie z konstruktywizmem, uczenie się przebiega w interakcji ucznia z otoczeniem, który aktywnie konstruuje własną wiedzę wykorzystując przy tym wiedzę już posiadaną. Z kolei konstrukcjonizm kładzie nacisk na trzy aspekty: mentalny – czyli konstruowanie wiedzy w głowie ucznia (konstrukcjonizm), społeczny – czyli uczenie się przez współpracę i dyskusję (wkład L. Wygotskiego) i materialny – czyli konstruowanie materialnych artefaktów (takich, jak budowane przez uczniów w ramach prowadzonych przez Autorkę badań) reprezentujących abstrakcyjne idee (wkład S. Paperta), patrz ([42] w pracy). Myślę, że nad tym fragmentem pracy zaciążył brak dogłębnego odniesienia Autorki do fundamentalnej pracy Seymoura Paperta *Burze mózgow*, wspomnianej w przypisie 2. Autorka odwołuje się do późniejszej książki tego samego autora (z 1993 roku, [28] w pracy), w której można zauważyć, że Papert nie był usatysfakcjonowany, iż jego idee sprzed ponad 10 lat nie odnoszą spodziewanych rezultatów w szkole ze względu na brak zmian w funkcjonowaniu szkół i systemów edukacji. Pominięcie przez Autorkę tej klasycznej pozycji Paperta wpłynęło także na niepełne przedstawienie historii i znaczenie języka LOGO – ta książeczka z 1980 roku (oryginał) była faktycznie wprowadzeniem do filozofii i metodyki stosowania tego języka przez uczniów. Chociaż jej przekład na język polski ukazał się dopiero w 1996 roku, pierwsze podręczniki tego języka ukazywały się w połowie lat 1980' i został on wykorzystany w pierwszym podręczniku do informatyki (*Elementy Informatyki*), którego pierwsze wydanie ukazało się w 1989 roku. Przeglądając ten podręcznik już wtedy można było zauważyć, że uczeń nie był traktowany „jako bierny odbiorca” (str. 23, początek drugiego akapitu), gdyż jemu właśnie była oddawana pełna swoboda w wykonywaniu zadań przy komputerze.

W trakcie punktu 1.4 Autorka odnosi się do filozofii edukacyjnej STEAM, której główną cechą jest integracja aktywności uczniów w różnych obszarach. Nie jest to jednak wyróżnienie jakiegoś specjalnego podejścia do uczenia się i często aktywności uczniów określane mianem STEAM uwzględniają jedynie niektóre obszary określane tym akronimem. Na przykład, posłużenie się przez ucznia z klas 1-3 gotowym robotem (np. Dash) do przesuwania po podłodze różnych rzeczy nie jest aktywnością z obszarów S, E, A i M. Używa on jedynie technologii by sterować robotem. Można te aktywności opisać jeszcze jako S (*Science*), jeśli to przesuwanie przedmiotów jest związane z porządkowaniem odpadów. Ten przykład dotyczy pewnego „niedopowiedzenia” związanego ze STEAM, które jest powielone w recenzowanej pracy. Jaka faktycznie powinna być wykładnia tej pierwszej litery, S? Na ogół jest to nauka, ale w jakim sensie? Otóż *science* to zarówno nauka, czy też nauka przez wielkie N), ale to także nauki przyrodnicze (ang. *natural science*). I właśnie w takim sensie *Science* występuje w STEAM. Można to dodatkowo uzasadnić tym, że w STEAM brakuje wydzielonej najważniejszej Nauki, nauki dotyczącej przyrody, jej funkcjonowania i naszego wpływu na nią. Polecam standardy Science <https://www.nextgenscience.org/>, a zwłaszcza ich szczegółowe rozpisanie dla poszczególnych etapów edukacyjnych. Mowa jest tam, i nie tylko tam, o *subjects i disciplines* w Science. Nie może być tak, że dziedziny: przyroda, chemia, fizyka, geografia i związane z nimi poznanie i ochrona środowiska są pozostawione "w domyśle", to przecież najważniejsze obszary

<sup>4</sup> Sysło M.M. (2014), The First 25 Years of Computers in Education in Poland: 1965 – 1990, w: Tatnall A., Davey B.(eds.), *History of Computers in Education*, IFIP AICT 424, 266–290, Springer

<sup>5</sup> Sysło M.M. (2023), Informatyka z komputerem w tle (*unplugged revisited*), *W Cyfrowej szkole* 3/2023, 42-52.



edukacji, a technologia, inżynieria i matematyka to narzędzia (*tools*) pomocne w kształceniu i uprawianiu tych dziedzin, chociaż rozwijane także w trakcie ich stosowania.

Na końcu punktu 1.4 Autorka komentuje pojawienie się ChatGPT, który, jak uważa, „na zawsze może zmienić system edukacji na świecie”. Chciałbym tutaj przypomnieć, że niemal identyczne przebiegnięto na początku ekspansji komputerów osobistych, a po 10 latach – również gdy pojawił się Internet. Komputer miał zastąpić nauczyciela, ale nic takiego się nie wydarzyło i systemy edukacji łagodnie wchłonęły te nowe narzędzia technologii. A czym jest ChatGPT? To LLM, czyli duży model językowy, zajmujący się przetwarzaniem tekstów. W tym miejscu przypomina się zapomniana już opinia Umberta Eco „Grozi nam, że cały dzisiejszy przemysł informatyczny, mnożąc informacje, nie będzie dostarczał już żadnej.” Autorka przytacza opinie ChatGPT o nim samym – to chyba niewłaściwe źródło informacji – a także opinie wielu ekspertów. Jak każde komputerowe narzędzie, wymaga poznania mechanizmów jego działania. Chociaż korzystamy z niego na pececie, działa całkowicie odmiennie. Przetwarzając teksty, niestety nie myśli, nie rozumie logicznie, a przy tym oszukuje z całą pewnością przekonany o swojej mocy – czasami to CheatGPT, a nie ChatGPT. Rozumowania matematyka nie zastąpi. Podsyła programy w jakimkolwiek języku programowania, ale podobnie reaguje Internet. Wyzwaniem jednak staje się, w jaki sposób nauczyciel ma być przekonany, że uczeń, który wręcza mu rozwiązanie (zadanie, wypracowanie, program komputerowy, pochodzące być może od ChatGPT), nauczył się tego, co było celem jego aktywności przy tworzeniu tych artefaktów. Wypada tutaj przypomnieć opinię Jeana Piageta na ten temat: sukces ucznia (np. rozwiązanie zadania, wypracowanie) nie jest potwierdzeniem, że nauczył się on<sup>6</sup>.

Kolejny punkt pierwszego rozdziału (1.5) jest poświęcony wyzwaniom nauczania informatyki. Nauczyciel jest w trudnej sytuacji nadążania za ciągłymi zmianami w technologii. Przedstawiony na str. 31 schemat rozwoju kompetencji nauczycieli odnosi się do każdego nauczyciela, nie tylko do nauczyciela informatyki i co więcej, ten schemat odnosi się, w mniejszym lub większym stopniu, do każdej technologii, która pojawia się w obszarze edukacji – teraz jest nią sztuczna inteligencja i wspomniany wyżej ChatGPT. W opisie zaś kompetencji informatycznych w punkcie 1.5.2 Autorka ponownie korzysta ze starego dokumentu Unii Europejskiej z 2006 roku – patrz mój komentarz do punktu 1.3 powyżej. Obok kompetencji informatycznych, a faktycznie w zakresie TIK, wypisane zostały z tego dokumentu również kompetencje matematyczne, wśród których nie ma żadnego odniesienia ani do technologii, ani do informatyki<sup>7</sup>.

W kolejnym podpunkcie (1.5.3) Autorka odnosi się do myślenia komputacyjnego, związanego z niemal każdym obszarem kształcenia informatycznego, odnoszącego się również do innych obszarów (przedmiotów) kształcenia. Niestety, tekst na ten temat zajmujący tylko jedną stronę nie oddaje ważności tego pojęcia i podejścia w kształceniu informatycznym. Papert był tym, który posłużył się tym pojęciem po raz pierwszy. Było to w *Burzach mózgu* z 1980 roku, a później użył go w pracy o nauczaniu matematyki. Pojęcie to zostało ożywione przez Jeannette Wing w 2006 roku i od tego czasu występuje niemal w każdej pracy związanej z kształceniem informatycznym, a ogólnie – z kształceniem wykorzystującym technologię. Po latach sporów przyjmuje się obecnie, że „myślenie komputacyjne to procesy myślowe angażowane w formułowanie problemu i przedstawianie jego rozwiązań w taki sposób, aby komputer – a najczęściej człowiek z maszyną – mógł skutecznie wykonać” (Sysło, 2018)<sup>8</sup>. Jest to więc aktywność umysłowa towarzysząca rozwiązywaniu problemów. Autorka odwołuje się do myślenia komputacyjnego w relacjach ze swoich badań (rozdz. 2), brakuje jednak tym relacjom precyzji w posługiwaniu się konkretnymi sposobami rozumowania (ang. *mental tools*), składającymi się na myślenie komputacyjne. Do tego jest niezbędne powiązanie tych sposobów

<sup>6</sup> Szerzej jest mowa o tym w pracy Sysło M.M. (2023), *Przyszłość Laboratorium, W cyfrowej szkole, 2/2023*, str. 16-29.

<sup>7</sup> To tylko potwierdza aktualną sytuację z nauczaniem matematyki zgodnie z obowiązującą podstawą programową matematyki, w której nie ma żadnego odniesienia do technologii, komputera, informatyki. Można zapytać, dlaczego matematycy nie lubią informatyki, podczas gdy informatycy nie mogą obejść się bez matematyki, także w szkolnej edukacji. Godne podziwu i naśladownictwa są w tej sytuacji przykłady przedsięwzięć służących burzeniu tego muru w edukacji, podejmowane przez niektóre uczelnie jak UAM w postaci studiów dla przyszłych nauczycieli obu przedmiotów, matematyki i informatyki.

<sup>8</sup> Sysło M.M. (2018), *Jak myśleć komputacyjnie, Materiały „Konferencji IwE 2018”, UMK Toruń.*



rozumowania z etapami procesu rozwiązywania problemów. Takie powiązania zostały przedstawione w pracy z przypisu 5.

Punkt 1.5.4 w pracy rozpoczyna się listą wyzwań kształcenia informatycznego, opracowaną przez Grupę Roboczą Komitetu Technicznego TC3 w Federacji IFIP. Nasz kraj radzi sobie całkiem nieźle w odniesieniu do tych wyzwań, jednak wszyscy członkowie tej Grupy i przedstawiciele innych krajów zwracają uwagę na potrzebę badań, które oceniałyby stan kształcenia informatycznego i w konkluzji wyznaczały kierunki zmian. Dalsza część tego punktu zawiera odniesienia do wyników badań w różnych krajach i społecznościach, prowadzonych głównie przez Fundację LEGO z rozwiązaniami LEGO Education. Ostatni punkt (1.6) rozdziału pierwszego jest w pewnym sensie kontynuacją rozważań na temat wykorzystania rozwiązań LEGO z poprzedzającego przeglądu istniejących badań. Filozofia pracy i badań stworzona przez Fundację LEGO składa się z 5 etapów i przypomina proces rozwiązywania problemu, tutaj jednak przebiegający w określonym środowisku klocków i innych składowych oraz tworzonych z nich konstrukcji robotycznych, które mogą być programowane i automatycznie sterowane.

Autorka kończy Rozdział 1 rozważaniami na temat nauki przez zabawę. Odbieram te rozważania nieco sceptycznie, a dokładniej – zabawa w podanej definicji nauki przez zabawę, faktycznie nie jest zabawą. Popularnie, zabawa kojarzy się ze swobodnym działaniem, przez nikogo nie narzucanym i kontrolowanym, często bez przymusu, nawet wewnętrznego, osiągnięcia określonego celu. Zabawa z klockami LEGO, nawet z elementami Mindstorms, ma często taki charakter. Zabawa dziecka klockami z różnych zestawów, wyciąganymi z dużego pojemnika, by zbudować coś według własnego wyobrażenia, jest zapewne (odniesienia do definicji nauki przez zabawę): znacząca dla niego, może ono bawić się z rodzeństwem, angażując się, odkrywać różne kombinacje klocków i cieszyć się tym, co robi. Ale czy taka zabawa nie skończy się dla dziecka, gdy nad nim stanie nauczyciel, a wcześniej wyznaczy mu jakiś cel, chociaż dla nauczyciela może to być nadal zabawa, bo dziecko „bawi” się klockami LEGO. Nie jestem przeciwko wykorzystywaniu LEGO, robotów LEGO i innych konstrukcji w edukacji i jestem pewien, że takie aktywności dzieci (uczniów?) mogą być dla nich znaczące, angażujące, radosne i społecznie korzystne, ale daleki jestem, by takie podejście nazywać zabawą<sup>9</sup>. Traktując zabawę jako całościowe podejście do uczenia (się), Autorka twierdzi, że „Zabawa w powyższy sposób może zmienić podejście do procesu nauczania w polskich szkołach.” Czy także w obszarach, w których trudno jest zrobić użytek z klocków LEGO, jak na przykład na matematyce, historii, na przedmiotach przyrodniczych? Być może można tego dokonać za pomocą innych robotów, wyposażonych w sztuczną inteligencję. Wątpliwości jednak pozostają, nauka, uczenie się, to ciężka praca, rzadko zabawa i to chyba powinniśmy również wpajać uczniom.

## Rozdział 2. Badania

Drugi rozdział pracy to jej zasadnicza część. Autorka przedstawiła w nim badania przeprowadzone przez siebie na różnych grupach uczniów szkoły podstawowej i ponadpodstawowej oraz studentów kierunku nauczanie matematyki i informatyki, jak również nauczycieli. Badania skupiły się na analizie wykorzystania narzędzi LEGO Education na zajęciach, zorganizowanych i pod nadzorem nauczycieli. Zidentyfikowano również wyzwania, przed którymi stają nauczyciele wdrażający narzędzia LEGO Education.

Zaplanowane działania badawcze Autorki musiały być jednak przerwane i ograniczone przez pandemię. Wpłynęło to na ograniczenie zakresu a zwłaszcza skali badań. Z tego powodu prezentowane wyniki nie są w pełni reprezentatywne dla tej tematyki, wnoszą jednak ważne wnioski, które mogą być dalej badane i potwierdzone już na odpowiednich populacjach uczniów i nauczycieli.

Punkt pracy 2.1.1 jest bardzo ważny dla całego rozdziału 2. Autorka przytacza fragmenty podstawy programowej, w tym wykaz pięciu ogólnych celów kształcenia informatycznego. Zgodnie z koncepcją podstawy programowej informatyki, te cele są takie same dla wszystkich etapów kształcenia, a

<sup>9</sup> Przy okazji jednego z wyjazdów do UK, rozmawiałem z jednym z tamtejszych edukatorów na temat wieku szkolnego. Wiedziałem, że dzieci w Anglii „idą do szkoły” w wielu 4 lat. Odnosząc się zaś do sytuacji w Polsce uzasadniłem, że uważamy, iż nasze dzieci powinny jak najdłużej się bawić. Na to usłyszałem, *Yes, but they need structure*, zabawa powinna być w jakimś sensie uporządkowana, celowa. Zapewne wyzwaniem staje się wtedy, czy tak rozumiana zabawa nadal pozostaje zabawą?



osiągnięcia uczniów na poszczególnych etapach mają zagwarantować, że rozwój kompetencji uczniów przebiega w sposób spiralny, przyrostowy. Jest to właściwe rozumienie podstawy programowej informatyki. W punkcie 2.5 Autorka uzupełnia ten wypis z podstawy programowej listą aktywności uczniów sprawdzanych podczas przeprowadzonych przez siebie zajęć. Komentując obserwowane osiągnięcia uczniów w dalszych fragmentach pracy Autorka odnosi je do tych celów ogólnych oraz wymienionych aktywności. Brakuje jednak analizy i komentarza, w jakim stopniu osiągnięcia uczestniczących w badaniach uczniów na danym etapie edukacyjnym są efektem ich spiralnego rozwoju.

W punkcie 2.1.2 Autorka przytacza wykaz kolejnych etapów procesu rozwiązywania problemów, odnosząc ten wykaz głównie do rozwiązywania problemów z pomocą komputera. Wykaz pochodzi z 2008 roku i nie uwzględniono w nim myślenia komputacyjnego, w miejsce myślenia algorytmicznego. Myślenie komputacyjne niekoniecznie musi być związane z komputerami i informatyką, co pokazują na przykład aktywności uczniów będące przedmiotem badań Autorki. Rozwiązywanie problemów jest nadal w centrum zajęć informatycznych, jednak obecnie należy z nim powiązać kształtowane sposoby rozumowania (*mental tools*), składające się na myślenie komputacyjne (jest to przedstawione np. w pracy wymienionej w przypisie 5).

W punkcie 2.1.3 Autorka odnosi się do idei konstrukcjonistycznych, sformułowanych przez samego Paperta w 1999 roku jako *Eight big ideas*. Te idee nie straciły nic na ważności. Wśród nich pierwsze miejsce zajmuje idea będąca sednem konstrukcjonizmu – *learning by doing* – wywodząca się z progresywizmu Johna Deweya z przełomu XIX/XX wieków. Dzisiaj to *doing* może odnosić się do najróżniejszego wytwarzania – rzeczy fizycznych, cyfrowych (np. programów komputerowych), jak i ich kombinacji, jak to jest w przypadku opisywanych i badanych przez Autorkę aktywności uczniów. Przy okazji może warto przeczytać oryginalne sformułowanie trzeciej idei, którą Autorka nazywa za Andrzejem Walatem (2007) „Ostrą zabawą” – to w uzupełnieniu wcześniejszej dyskusji na temat edukacji w formie zabawy: *The third big idea is hard fun. We learn best and we work best if we enjoy what we are doing. But fun and enjoying doesn't mean "easy". The best fun is hard fun. Our sports heroes work very hard at getting better at their sports. The most successful carpenter enjoys doing carpentry. The successful businessman enjoys working hard at making deals.* Tutaj *fun* to jednak nie jest to samo, co *play*.

W punkcie 2.2 Autorka sformułowała główne założenia swoich badań. W badaniach wzięło udział ok. 400 uczestników w 28 grupach o różnej liczności, które jednak, z podanych powodów, nie były reprezentatywne dla wieku w poszczególnych grupach i poszczególnych etapów kształcenia. Zajęcia miały formę warsztatów i odbywały się na Wydziale Mił UAM, czyli poza szkołą, poza normalnymi zajęciami w klasie, i trwały 40 minut z najmłodszymi lub do 6 godzin ze starszymi uczniami i studentami. Uczestnicy zajęć korzystali na warsztatach z różnych rozwiązań rekomendowanych przez LEGO Education. Rozwiązywali testy przed, w trakcie i po zajęciach oraz zamieszczali swoje opinie w ankietach. Autorka była obserwatorem wszystkich zajęć i dodatkowo służyła uczestnikom pomocą oraz przeprowadzała z nimi rozmowy.

Zbiorcze wnioski z przeprowadzonych zajęć i badań Autorka sformułowała w punkcie 2.2.3. **Świadczą one o weryfikacji hipotez (problemów) badawczych**, sformułowanych na początku punktu 2.3. Do najważniejszych należą:

1. Praca z rozwiązaniami LEGO Education wspiera rozwój wiedzy i umiejętności przedmiotowych u uczniów z zakresu informatyki, matematyki oraz fizyki i techniki.
2. Praca z narzędziami LEGO Education wspiera również rozwój kompetencji miękkich – uczniowie pracowali w grupach, współpracowali, dzielili się zadaniami, rozmawiali o swoich konstrukcjach i programach, dyskutowali wnioski, do jakich dochodzili.
3. Nauczyciele i przyszli nauczyciele pozytywnie odnoszą się do wykorzystania narzędzi LEGO Education na lekcjach, często byli zaskoczeni łatwością z jaką uczniowie poznają nowe rozwiązania pracy z narzędziami robotyki.
4. W badaniach potwierdzono przydatność LEGO SPIKE Prime na zajęciach w klasach 4-8 szkoły podstawowej i w szkołach ponadpodstawowych, w szczególności dzięki możliwościom programowania tych urządzeń.

Wybrane uwagi do przeprowadzonych badań i prezentowanych wyników.



1. Str. 53: „Celem ... badań było sprawdzenie czy za pomocą narzędzi LEGO® Education możemy rozwijać u uczniów umiejętność ... myślenia komputacyjnego oraz programowania.” O ile umiejętność programowania można dość łatwo sprawdzić, o tyle weryfikacja sposobów myślenia nie ma utartych metod. Jak wspomniano wcześniej, taka metoda mogłaby wynikać z powiązania etapów rozwiązywania problemów ze sposobami (*mental tools*) myślenia komputacyjnego. Takiego powiązania nie ma jednak w pracy. Można je znaleźć w pracy z przypisu 5.
2. Str. 56: Z opisu zajęć wyłania się metoda pracy uczniów, albo korzystali z gotowych scenariuszy i instrukcji, albo tworzyli konstrukcje i ich oprogramowanie w dowolny sposób. To różne podejścia i powinny być odmiennie ewaluowane. Można o tym przeczytać na str. 26 w pracy z przypisu 6, poświęconej m.in. robotyce, ale ogólnie – ruchom twórców. Opisane tam podejście jest niezmiernie ważne dla realizacji idei konstrukcjonistycznych. W tej pracy jest również mowa o roli nauczyciela w sytuacji oddania uczniom dużej swobody w tworzeniu swoich artefaktów dla realizacji określonych przez nauczyciela celów. Nauczyciel powinien mieć pewność, że w procesie tworzenia uczeń osiągnął przewidziany cel edukacyjny, nauczył się.
3. Str. 56 i wiele dalszych stron. Panuje w pracy pewien chaos w nazewnictwie języków/środowisk programowania. W podstawie programowej jest mowa o „programowaniu wizualnym”, ale z tego określenia rezygnuje się w literaturze światowej i po polsku – wszystko na ekranie jest wizualne. Obecnie rozróżniamy programowanie blokowe i tekstowe. W programowaniu blokowym polecenia są umieszczone w blokach, z których można składać program nie bacząc specjalnie na składnię, gdyż „pilnują” jej bloki. Z kolei programowanie tekstowe polega na pisaniu programów jawnym tekstem, dbając jednocześnie o składnię tworzonego tekstu programu. Warto zauważyć, że niemal każdy blok w środowiskach blokowych zawiera tekst! Nauczyciel powinien to uzmysłowić także uczniom. Ta obserwacja może być źródłem spiralnego przejścia w nauce programowania: (1) uczeń tworzy program z bloków, np. w Scratchu lub code.org, najlepiej coś rysujący; (2) prosimy go o wyciągnięcie z bloków jego programu tekstów i wypisanie ich na kartce papieru; (3) następnie prosimy go, by te teksty użył do utworzenia programu np. w Pythonie, który będzie wykonywał to samo, co program w Scratchu/code.org. Stykając się z różnymi środowiskami programowania, także programowania robotów, uczeń nie powinien odnieść wrażenia, że uprawia się w nich „różne programowania”. Te środowiska to tylko różne narzędzia.
4. Str. 69. Słabe wyniki Testów 2 i 3 – czy nie były zbyt trudne? Jak piszę poniżej, Test 1 to głównie zadania rachunkowe, matematyczne. Test 2 – pół na pół, zad. 1 to raczej test na inteligencję. Test 3 wypadł najslabiej; jeśli dobrze pamiętam, to zad. 4 było interaktywne, więc łatwiejsze do wygenerowania rozwiązania niż na papierze. Jak na podstawie takich wyników testów można ocenić przeprowadzone zajęcia? Czy uczennice nie były załamane wynikami testów?
5. Str. 76-77. Oczekiwanie, że uczeń IV klasy „potrafi korzystać z instrukcji warunkowych, pętli ... oraz definiować funkcje i zmienne” wydaje się być zbyt wygórowanym w odniesieniu do umiejętności informatycznych. A jeśli jednak, czy można będzie oczekiwać, że posłuży się funkcją także na matematyce? Chociaż Test 2 wydaje się być łatwiejszy, to jednak uczniowie wypadli gorzej. Jak to uzasadnić?
6. Str. 86 i dalsze, punktu 2.6.3. Zajęcia z uczestnikami konkursu, prowadzone zdalnie, to dla badacza inny rodzaj wyzwania niż zajęcia nadzorowane. Dla każdego uczestnika konkursu, udział w konkursie to *fun*, a nawet *hard fun*. Zapewne większość tych uczniów (połowa już uczestniczyła w konkursie) miała dobre przygotowanie do pracy z narzędziami LEGO Education, wyniki ankiety wskazują dodatkowo na wpływ stażu w konkursie. Wiek i klasa uczestników nie zostały precyzyjnie określone. Nie przeprowadzono żadnego testu, a jedynie ankietę, która wykazała przygotowanie uczniów bliskie dobrego (oceny 4) i istotny postęp w rozwoju umiejętności.
7. Str. 90 i dalsze, punkt 2.6.4. Etap IV badań dotyczył badań porównawczych. Uczestniczyło w nich 9 uczniów: dwie pary tworzyły grupę testową, a 5 uczniów tworzyło grupę kontrolną. Autorka nadmienia w pracy, że uczniom sprawiała trudność organizacja pracy w parach. Ponieważ tę formę pracy można przyrównać do realizacji projektu, uczniowie wcześniej powinni poznać zasady i tryb pracy zespołowej nad projektem. Wyniki testów są trudne do pełnej interpretacji, zapewne ze względu na małą liczbę uczestników badań. Z pominięciem zad. 1, w teście końcowym grupa kontrolna wypadła lepiej niż grupa testowa. Jeśli chodzi o zad. 1 (program z



rekurencją) – grupa testowa zdobyła 100%, a kontrolna 0%. Podejrzewam, że wynik grupy testowej był rezultatem wspólnej ich pracy (dwóch zespół dwuosobowych).

8. Str. 96 i dalsze, punkt 2.6.5. W badaniach wzięli udział studenci bliscy ukończenia studiów nauczycielskich. Testy – zadania w większości z programowania – wypadły nieźle. Obiecująca są opinie studentów co do wykorzystania robotyki w ich przygotowaniu do pracy w szkole i do zajęć z informatyki. Takie zajęcia w szkołach ponadpodstawowych mogą być bardzo interesujące dla uczniów, którzy nie wybrali rozszerzenia informatycznego, a interesują ich inne dziedziny kształcenia i przyszłych zainteresowań.
9. Str. 99 i dalsze, punkt 2.6.6. Ostatnim elementem badań Autorki był sondaż diagnostyczny wśród nauczycieli i przyszłych nauczycieli, którego celem było zbadanie stopnia zadowolenia oraz trudności związanych z pracą z narzędziami LEGO Education w szkole. W szkoleniu uczestniczyły osoby, które wcześniej nie miały styczności z tymi narzędziami, natomiast w badaniach wzięło udział blisko 100 osób z całej Polski, z których połowa była dopiero po pierwszym szkoleniu z tymi narzędziami. Ankietowani nauczyciele wskazali: na wiele umiejętności uczniów rozwijanych przy współpracy z tymi narzędziami, pewne doświadczenie jest niezbędne by korzystać z tych narzędzi i jedynie nauczyciele przedmiotów humanistycznych zasygnalizowali trudności w korzystaniu z tych narzędzi, jednak nie podany został cel, w jakim ci nauczyciele mieliby posłużyć się robotami na swoich przedmiotach. Generalnie, nauczyciele zauważają duży potencjał w narzędziach LEGO, co zapewne nie jest wyjątkiem w rodzinie wszystkich robotów.
10. Zajęciom towarzyszyły testy sprawdzające poziom umiejętności logicznego oraz algorytmicznego myślenia przed i po zajęciach. Wiele pytań zaczerpnięto z Konkursu „Bóbr” – to świetny pomysł. Uczestnicy zajęć wypełniali również ankiety sondażowe.

Uwagi do testów. Testy powinny być być staranniej przygotowane, zarówno dla uczestników zajęć, jak i w pracy.

- a. Uwaga. Wiele zadań Bobra sprawdza umiejętności spoza podstawy programowej – to jest konkurs. Choć informatyczny, to jego zakres nie jest ograniczony do podstawy programowej informatyki. Przykłady: Etap IV: Test 1/zad. 2 – zasada włączania i wyłączania, chociaż wystarczy diagram Venna; Test 1/zad. 5 – grafy; Test 2/zad. 5 – graf Eulera.
- b. Zadania Bobra powinny zawierać odniesienia do konkursu, roku, etapu i stopnia trudności. Wszystkie te zadania można swobodnie wykorzystywać w edukacji, ale powinno być podane źródło ich pochodzenia. Pochodzenie innych zadań powinno być również odnotowane.
- c. Każde zadanie Bobra występuje na stronie konkursu również z objaśnieniami, które zawierają omówienie i informacje dotyczące wykorzystanych w nim pojęć informatycznych sposobów rozumowania. Nie wiem, czy Autorka korzystała z tych informacji. Informacje te mogą posłużyć do właściwego doboru zadań dla określonych celów testu.
- d. Wszystkie zadania powinny być scharakteryzowane umiejętnościami, jakie sprawdzają. W testach użytych przez Autorkę nie widać powiązania zakresu testów z tematami warsztatów. Test, zwłaszcza ten drugi powinien jednak sprawdzać, jaki wpływ miały zajęcia na określone, oczekiwane i sprawdzane umiejętności uczniów w zakresie algorytmicznego i komputacyjnego myślenia. W pracy powinno się znaleźć omówienie rozwiązań testów pod tym kątem, by uzasadnić wybór zadań i wyciągane wnioski z wyników.
- e. Kilka uwag szczegółowych: Etap I/Test 1 – zbyt łatwy, jak na VIII klasę; z wyjątkiem zad. 2, pozostałe sprawdzają umiejętności matematyczne; Etap I/Test 3 – zad.3: Czy rozwiązaniem jest: Anglia, Grecja, Polska, bo mają po 6 liter w nazwie? Co sprawdza to zadanie?; Etap II – Test 2 jest łatwiejszy niż Test 1; nie wiem, jak rozwiązać zad. 3 z Testu 2. Co sprawdza zad. 3 w Etap IV/Test 1 – czy czereśnie jest poprawną odpowiedzią, jeśli uzasadnią ją, bo ja lubię czereśnie? Słaby jestem w tych zadaniach z owocami!



## Podsumowanie badań

Przedstawione wyniki badań przeprowadzonych przez Autorkę wśród uczniów ze szkół pokazały, że narzędzia robotyki wykorzystywane na dodatkowych zajęciach – wspierających regularne zajęcia w szkole – mogą mieć wpływ na umiejętności uczniów w zakresie informatyki oraz postrzeganie przez nich swoich kompetencji w szerszym kontekście przedmiotowym (informatyka, matematyka, fizyka i technika) i społecznym. W odniesieniu do informatyki, dotyczy to programowania w różnych środowiskach, w szczególności przechodzenia od programowania blokowego do tekstowego, jak i programowania konstrukcji robotycznych. Z kolei rozwijane przez uczniów kompetencje społeczne (zwane często miękkimi) to rezultat pracy zespołowej nad wspólnymi przedsięwzięciami budowania i programowania robotów dla wyznaczonych celów ich działania.

Robotyka edukacyjna okazuje się również środkiem do przezwycięzania wielu trudności i problemów u uczniów, związanych ze współpracą i komunikacją podczas wspólnego rozwiązywania problemów. Konstruowanie robotów i ich programowanie to okazja do poszukiwań rozwiązań, kreatywnego myślenia. Ten potencjał w robotyce zauważają nauczyciele w szkołach i przyszli nauczyciele.

## Konkluzja

Pani **mgr Barbara Borkowicz** zajęła się w swojej pracy rolą robotów w nauczaniu ze szczególnym uwzględnieniem **kształcenia informatycznego** i przedstawiła wyniki swoich badań skuteczności ich wykorzystania w realizacji celów tego kształcenia określonych w aktualnie obowiązującej podstawie programowej informatyki. Autorka wykorzystwała standardowe narzędzia w tego typu badaniach, jak testy przed i po zajęciach, ankiety, sondaże oraz rozmowy z uczestnikami badań. Badania były prowadzone w trudnych warunkach spowodowanych pandemią i wynikającymi z niej ograniczeniami w pracy uczniów i szkół. Pomimo tych trudności w badaniach uczestniczyło sześć różnych grup uczniów, studentów i nauczycieli z różnych szkół i uczelni w Poznaniu i w całej Polsce. Choć z powodu ograniczeń dostępności, wyniki badań nie są w pełni reprezentatywne dla badanych grup uczestników badań, wnoszą one jednak ważne wnioski dla roli robotyki edukacyjnej i mogą stanowić podstawę dla dalszych badań Autorki prowadzonych już na odpowiednich populacjach uczniów i nauczycieli. Recenzja, poza odniesieniami do rozprawy, wskazuje również na dodatkowe aspekty takich badań: techniczne, merytoryczne i metodyczne, z myślą o ich uwzględnieniu w ewentualnej publikacji wyników tej pracy, jak i w dalszych badaniach.

Biorąc pod uwagę wszystkie aspekty recenzowanej rozprawy w konkluzji stwierdzam, że rozprawa doktorska Pani **mgr Barbary Borkowicz** pt. *Wykorzystanie narzędzi robotyki w nauczaniu informatyki* spełnia wymogi Ustawy *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* i wnoszę o do-puszczenie Autorki do dalszego toku przewodu doktorskiego.

Wrocław, 15 października 2023

Prof. dr hab. Maciej M. Sysło