

prof. dr hab. Maciej M. Sysło¹

Warszawska Wyższa Szkoła Informatyki

Jak oceniać osiągnięcia uczniów w zakresie myślenia?

Streszczenie

Ostatnio przywiązuje się dużą wagę do myślenia komputacyjnego, które jest związane z procesami myślowymi towarzyszącymi formułowaniu i rozwiązywaniu sytuacji problemowych w świecie naszpikowanym komputerami. Myślenie komputacyjne znalazło swoje miejsce w kształceniu informatycznym, jest jednak niezbędne w każdej dziedzinie, a w szkole powinno być stosowane również na innych przedmiotach. Pojawia się pytanie, jak oceniać umiejętności uczniów w tym zakresie. W tym wystąpieniu przybliżę, czym jest myślenie komputacyjne, przedstawię przykłady szkolnych i pozaszkolnych aktywności uczniów, w których się pojawia, i zaproponuję sposoby oceniania, w jakim stopniu i zakresie wykształcili ten rodzaj myślenia. Baczna uwagę poświęcę nauczaniu matematyki.

Wstęp

Pytanie stanowiące tytuł dla środowiska diagnozy edukacyjnej może wydać się nieporozumieniem, bo *homo sapiens* głównie zajmuje się myśleniem, jego oceną i oceną jego rezultatów. Chcę jednak wyważyć być może otwarte drzwi i pochylić się właśnie nad oceną myślenia. Nie wykluczam przy tym tradycyjnych sposobów oceniania uczniów, brakuje mi jednak metod oceniania osiągnięć uczniów w zakresie myślenia matematycznego, a zwłaszcza – myślenia komputacyjnego, które chciałbym przy okazji przybliżyć. W tym pierwszym przypadku myślenie jest związane z konkretnym przedmiotem szkolnym, a więc łatwo jest je włączyć w tradycyjne metody oceniania, chociaż mam wątpliwości, czy rzeczywiście oceniają one właściwie myślenie matematyczne – mózg każdego ucznia jest inny (jest inaczej „okablowany”), a najczęściej są oni oceniani na tej samej skali za pomocą tych samych zadań (testów).

Na myślenie komputacyjne składają się sposoby rozumowania, które mają swoje korzenie w informatyce. Nie wiąże się jednak ściśle z żadnym przedmiotem szkolnym, jest ponadprzedmiotowe. W podstawie programowej pojawia się w ramach informatyki i jest kształcone od pierwszej klasy po ostatnią klasę w szkole. Nie przewiduje się jednak osobnych zajęć na temat „myślenie komputacyjne” na żadnym z przedmiotów.

W wystąpieniu chciałbym przedstawić w zarysie, czym jest myślenie komputacyjne, jakie jest jego miejsce i znaczenie dla intelektualnego rozwoju uczniów, jak je kształtować „spiralnie” przez lata w szkole i jakie korzyści mogą wynieść uczniowie, posługując się tym rodzajem rozumowania. Przykłady będą

¹ syslo@ii.uni.wroc.pl

dotyczyć różnych etapów edukacyjnych, od edukacji wczesnoszkolnej po ponadpodstawową, jak również różnych przedmiotów: informatyki, matematyki, języka polskiego, a także zagadnień ponadprzedmiotowych (*across*). W formie dyskusji zastanowię się również nad sposobami oceniania osiągnięć uczniów, a raczej ich możliwości, w zakresie myślenia komputacyjnego.

Wystąpienie ma swoje źródło w niepokojach autora spowodowanych raportem NIK o poziomie nauczania (osiągnięć uczniów) w zakresie matematyki. W innym opracowaniu², z którego tutaj korzystam, starałem się wyjść „Na ratunek uczącym się matematyki w szkołach”, sugerując ściślejszy związek matematyki z informatyką, a właściwie – włączenie myślenia komputacyjnego do arsenału metod rozumowania matematycznego. Widzę w tym także szansę na obronę szkolnej matematyki przed izolacją od tego, co uczniowie poznają na innych przedmiotach, m.in. na informatyce, jak również – ważniejsze może – co jest ich doświadczeniem pozaszkolnym.

Matematyka a informatyka

Jako informatyk od lat boleję, dlaczego w nauczaniu matematyki nie korzysta się z efektów kształcenia matematycznego na zajęciach informatycznych – wiele elementów matematyki jest niezbędnych w kształceniu informatycznym i pojawia się na lekcjach informatyki. Nie chodzi tutaj tylko o to, by nauczyciel matematyki posługiwał się arkuszem kalkulacyjnym, programem do prezentacji wykresów funkcji, czy prezentacją – zalecamy to jak najbardziej – ale informatyka dostarcza narzędzi i sposobów innego, wzbogaconego „uprawiania” matematyki, znacznie ciekawszego dla uczniów, bo pozwalającego im np. korzystać z uwielbianych przez nich obecnie narzędzi komputerowych, niestety najczęściej wykorzystywanych poza edukacją do prostej konsumpcji informacji. Sugerowane w podstawie programowej matematyki wykonywanie obliczeń za pomocą tablic matematycznych i kalkulatorów nie tylko trąci dzisiaj myszką, ale nijak się ma do sposobów wykorzystania umiejętności matematycznych poza szkołą – czy tym chcemy przekonać uczniów do poważniejszego zainteresowania się matematyką?

Rozumowanie matematyczne przyjmuje różne formy, jako m.in. algebraiczne, geometryczne i przestrzenne, statystyczne, a także jako myślenie algorytmiczne, które polega na rozkładzie złożonego problemu na prostsze podproblemy, dla których często znamy rozwiązanie, poszukiwaniu i wykrywania wzorców i schematów, które potrafimy zastosować, czasem na skorzystaniu z ogólniejszego problemu, który łatwiej jest rozwiązać (G. Pólya), a przy tym na korzystaniu cały czas z abstrakcji, która pozwala uwalniać się od nieistotnych dla rozwiązania szczegółów. Myślenie algorytmiczne jest integralnym elementem lekcji informatyki, niezbędnym przy programowaniu, które w najszerszym sensie jest utożsamiane z całym procesem rozwiązywania problemów, a w węższym – jest ostatnim etapem rozwiązywania problemów z pomocą komputera. W obu przypadkach programowanie jest sformalizowanym sposobem zapisania i wykonania efektów myślenia algorytmicznego. Co więcej, nie ma sensu uczyć (się) programowania bez zrozumienia algorytmicznego myślenia, którego efektem jest program komputerowy. W tej sytuacji warto

² M.M. Sysło, *Na ratunek uczącym się matematyki w szkołach*, „Przegląd Pedagogiczny” [w druku].

zastanowić się, czy poświęcenie większej uwagi i położenie większego nacisku na myślenie algorytmiczne w nauczaniu i uczeniu się matematyki nie przyczyni się do większego zainteresowania się uczniów matematyką i w konsekwencji podniesienia poziomu kształcenia matematycznego.

Myślenie komputacyjne

Myślenie algorytmiczne jest często kojarzone głównie z informatyką, chociaż znacznie wykracza poza tę dziedzinę. Już Seymour Papert, matematyk uznawany za prekursora komputerów w edukacji, najpierw w 1980, a później w 1996 roku użył terminu **myślenie komputacyjne**, w tym drugim przypadku właśnie w odniesieniu do kształcenia matematycznego, wskazując na korzystny wpływ intuicji i sprawności obliczeniowych na kompetencje matematyczne. Myślenie komputacyjne, stanowiące w pewnym sensie poszerzenie myślenia algorytmicznego, od ponad 10 lat robi zawrotną karierę w edukacji na wszystkich poziomach oświaty i szkół wyższych, po publikacji krótkiego artykułu przez Jennette Wing w Komunikatach Amerykańskiego Towarzystwa Informatycznego z 2006 roku. Nie ma pełnej zgody, czym jest myślenie komputacyjne, ale zgrabnie można je określić jako:

[...] procesy myślowe angażowane w formułowanie problemu i przedstawianie jego rozwiązania w taki sposób, aby komputer [*computer* w języku angielskim to *a device used for computing* ale także *a person who computes*, *Webster's New World Dictionary*, 1969] – człowiek lub maszyna – mógł skutecznie je wykonać.

Na myślenie komputacyjne, składają się sposoby rozumowania (ang. *mental tools*; bardzo zgrabna nazwa po angielsku), które mają swoje korzenie w informatyce, jak logiczne myślenie i formułowanie wyrażeń logicznych (warunków) występujących w instrukcjach warunkowych w programach i w zapytaniach w sieci, myślenie (podejście) heurystyczne, którego ojcem jest matematyk George Pólya, myślenie rekurencyjne, czy też modelowanie złożonych sytuacji często opisywanymi przez olbrzymie zasoby danych (giga dane, ang. *big data*). A w samym procesie rozwiązywania problemów, myślenie komputacyjne polega na radzeniu sobie ze złożonymi problemami przez ich rozkład na mniejsze, często o znanych rozwiązaniach, wykrywania wzorców i schematów, czasem na przejściu do ogólniejszego problemu, a w tym wszystkim, na korzystaniu z abstrakcji, która uwalnia postępowanie od nieistotnych szczegółów. Proces ten na ogół kończy się komputerową realizacją rozwiązania, nie zawsze i niekoniecznie za pomocą własnego programu.

Z punktu widzenia nauczania – pedagogiki i dydaktyki – myślenie komputacyjne to nie wydzielony temat nauczania, ale raczej podejście do rozwiązywania sytuacji problemowych w ogólności, a także do programowania, które może być stosowane w różnych dziedzinach. Wzbogacenie szkolnej matematyki o myślenie komputacyjne może pomóc uczniom poszerzyć i pogłębić ich sposoby rozwiązywania problemów, wzbogacając i uzasadniając przy tym jednocześnie ich podejście i rozumowanie matematyczne. Wyniki różnych badań (np. PISA 2012 w zakresie rozwiązywania problemów) pokazują, że wielu naszych uczniów ma trudności z rozwiązywaniem nieznanymi problemami i uzasadnieniem rozumowania matematycznego. To nie powinno dziwić, gdyż

szkolne podręczniki do matematyki najczęściej koncentrują się na powtarzających się ćwiczeniach, które raczej nie wymagają głębokiego zrozumienia i nie sprzyjają rozwojowi matematycznego rozumowania.

Sytuacja staje się coraz poważniejsza dla dalszych efektów kształcenia matematycznego. W warunkach globalizacji i szybkich zmian społecznych, a zwłaszcza zmieniającej się natury matematyki i dziedzin przyrodniczych, coraz trudniej odizolować cele nauczania matematyki od sposobów rozwiązywania problemów z różnych dziedzin, w coraz większym stopniu związanych z myśleniem komputacyjnym i programowaniem. Utrzymywanie aktualnego zakresu i sposobu nauczania matematyki oraz zignorowanie możliwości, jakie się wyłaniają, powoduje już teraz, a nasili się jeszcze bardziej w najbliższej przyszłości, izolację szkolnej matematyki od tego, co uczniowie poznają na innych przedmiotach, w szczególności na informatyce, a także poza szkołą, w środowisku nowych technologii. Ten zastój w rozwoju zakresu kształcenia matematycznego wstrzymuje także dalszy profesjonalny rozwój nauczycieli matematyki, którzy mogliby i powinni wspierać opisane zmiany, będąc jednocześnie ich ambasadorami.

A jaki jest ratunek

Poziom i skuteczność nauczania matematyki w polskich szkołach jest w stanie uratować strategia **równych szans** (co nie jest tym samym, co wyrównywanie szans³), czyli skupienie uwagi na uczniu, jego indywidualnych możliwościach, zainteresowaniach i potrzebach, w przeciwieństwie do usilnych starań przygotowania wszystkich uczniów według programów nauczania bazujących na tej samej podstawie programowej do tego samego egzaminu, co przynosi szkody przede wszystkim samym uczniom. Szansą na zmianę jest ukierunkowanie kształcenia matematycznego uczniów na ich indywidualne możliwości i zainteresowania.

Nie od dzisiaj wiadomo – obecnie tylko badania nad mózgiem to potwierdzają – że każdy uczeń jest inny, każdy mózg jest inny, a słowami technologii – każdy mózg jest inaczej okablowany. Ale o tym wiedzieli już twórcy ustawy o systemie oświaty, pisząc w jej preambule, że: „Szkoła winna zapewnić każdemu uczniowi warunki niezbędne do jego rozwoju”. Jednolita podstawa programowa matematyki (jak i innych przedmiotów) utrudnia realizację tej misji oświaty, **nie** zapewnia bowiem uczniowi **jego** w pełni osobistego rozwoju i stoi w sprzeczności z zasadami demokracji i wolności jego wyborów, których faktycznie on nie ma.

A więc – Głupcze – uczeń najpierw, a nie podstawa programowa czy inne, narzucone i ograniczające go ramy systemu edukacji.

³ Strategia równych szans stoi w opozycji do często eksponowanej w naszym społeczeństwie polityki, że „szkoła powinna być miejscem wyrównywania szans edukacyjnych”. Wyrównywanie szans w sensie „równania do tej samej podstawy programowej” z latami nauki w szkole przynosi coraz gorsze rezultaty w odniesieniu do tego samego poziomu nauczania wszystkich weryfikowanego na egzaminach i maturze, może pora skończyć z tą fikcją, a skierować uwagę na indywidualne możliwości, zainteresowania i potrzeby uczniów, by nie zaniedbywać tych, którzy odróżniają się od „równego poziomu”, słabszych i mocniejszych. Należy więc wszystkim uczniom dać **równe szanse** rozwoju, a nie dbać o jednakowe rezultaty wszystkich uczniów, zgodnie z jednolitymi standardami nauczania, a zwłaszcza egzaminowania. Wyrównywanie szans edukacyjnych powinno zaś dotyczyć głównie materialnych warunków i organizacji kształcenia. Edukacja nie jest i nigdy nie była egalitarna w żadnym systemie społecznym, i tak zapewne pozostanie.

Proponuję zacząć od rewizji „instytucji” podstawy programowej, by jej konstrukcja spowodowała, że na pierwszym planie pojawi się uczeń, w całej krasie swej różnorodności, by umożliwiała tworzenie (lub tylko wybieranie) w szkołach różnych „rodzajów matematyk” o zakresie odpowiednim do możliwości, zainteresowań i potrzeb uczniów. Te różne matematyki mogłyby być kontynuowane przez wszystkie etapy kształcenia i kończyć się ewentualnie egzaminami lub maturą do wyboru przez uczniów, dostosowanymi do zakresu ich kształcenia. A zatem, egzaminy i matura również musiałyby się zmienić. Matematyka pozostawałaby obowiązkowa, ewentualnie nawet z obowiązkowym zakresem jej podstaw, ale uwzględnienie zdiagnozowanych możliwości i zainteresowań uczniów, jak również ich potrzeb w zakresie nauczania, byłoby źródłem ich motywacji i efektów kształcenia, które wzmacniałyby tylko zaangażowanie uczniów.

Skądinąd cenne zalecenia wsparcia nauczycieli matematyki i indywidualnych form pracy z uczniem albo nie mogą być zrealizowane w obecnym systemie jednolitej podstawy programowej, a zwłaszcza takiego samego egzaminu, albo nie spowodują żadnych znaczących zmian w kształceniu matematycznym. Na co przyda się nauczycielowi (z raportu NIK): „umiejętność rozpoznawania uzdolnień u dzieci; rozpoznawania specyficznych trudności uczniów w nauce matematyki; rozpoznania poziomu wiedzy i umiejętności matematycznych uczniów pod kątem indywidualnych form pracy; organizacja lekcji w podziale na grupy, odpowiednio do poziomu umiejętności uczniów; doskonalenia kompetencji [...] w zakresie: rzeczywistych możliwości umysłowych dzieci i specyfiki uczenia się matematyki”⁴? Nawet jeśli ci najslabsi i ci najmocniejsi uczniowie trafią do różnych grup w klasie, to zajęcia i tak odbywają się w jednej klasie i prowadzi je ten sam nauczyciel, który ma zrealizować, być może własny program nauczania, ale będący realizacją tej samej podstawy programowej, i ma przede wszystkim przygotować wszystkich uczniów do tego samego egzaminu, bez względu na wcześniej zdiagnozowane ich możliwości i predyspozycje. W rezultacie jedynym indywidualnym potraktowaniem uczniów jest wystawienie im indywidualnych ocen końcowych, jednak na tej samej skali, czyli porównując najslabszego z najmocniejszym, a nie oceniając indywidualne osiągnięcia na skali indywidualnych możliwości uczniów.

MEN ma obawy, że likwidacja jednolitej i obowiązkowej matury z matematyki „zniszczyłaby obiektywne i porównywalne w skali kraju narzędzie rekrutacyjne polskich szkół wyższych”. Bez obaw, uczelnie lepiej sobie poradzą, gdy otrzymają informację, z jakiego zakresu kandydat zdał maturę z **matematyki**. Przenoszenie jednolitego systemu oceniania na kolejny etap edukacyjny, obnażającego jedynie słabości wcześniejszego jednolitego systemu nauczania, nie jest miarodajną informacją dla uczelni o rzeczywistych matematycznych możliwościach i kompetencjach kandydatów na studia.

⁴ <https://www.nik.gov.pl/aktualnosci/matematyka-do-poprawy.html> [dostęp: 1.08.2019].

Osobiste doświadczenia

Pozwolę sobie odwołać się do osobistego doświadczenia. Mój syn Bartek pod koniec lat 90. uczęszczał do pierwszej klasy gimnazjum w Eugene (USA) i połowę przedmiotów miał do wyboru (jak: gra w golfa, strzelanie z łuku, prace w drewnie, przyjaciele i rodzina, twórcze rozwiązywanie problemów). Miał także wybór w przypadku przedmiotów obowiązkowych, takich jak matematyka. Tutaj oferowano siedem kursów: odkrywanie matematyki, współczesna (codzienna) matematyka, dociekliwość matematyczna, wstęp do algebry, nieformalna geometria, algebra, geometria. Zalecany na 3 lata był ciąg przedmiotów: współczesna (codzienna) matematyka, dociekliwość matematyczna, wstęp do algebry, ale wielu uczniów kończyło zajęcia w gimnazjum na poziomie algebry. Z Bartkiem wybraliśmy dość zaawansowaną algebrę, musiał po drodze pokonywać jeszcze barierę językową. Ale dał radę! Praca i postępy uczniów były uważnie obserwowane przez nauczycieli oraz rodziców, a dobór poszczególnych przedmiotów bazował na możliwościach i potrzebach uczniów. Wybory uczniów były wspólnym wyborem: tychże uczniów, ich rodziców, szkolnego pedagoga (psychologa) i wychowawcy. W swych wyborach i podczas zajęć uczniowie byli również wspierani przez tzw. *peer advisers*, kolegów z grupy lub z wyższych poziomów. Z przyjemnością chodziłem tam na wywiadówki, by na przykład z nauczycielem matematyki porozmawiać o... matematyce uczniów.

Zajęcia Bartka z matematyki miały wiele elementów, których brakuje zajęciom w naszych szkołach. Każdy uczeń musiał nabyć kalkulator Fraction, do wykonywania m.in. operacji na ułamkach – podobno takie działania są zmorą Amerykanów; kalkulator był wykorzystywany również do obliczania częstości zdarzeń. Wiele zajęć miało charakter praktyczny i częściowo przebiegało poza klasą i szkołą. Na przykład, pewnego razu wszyscy uczniowie dostali od nauczyciela po dolarze, mieli coś kupić w pobliskim supermarkecie za cenę między 50 a 75 centów i obserwować, w jaki sposób sprzedawca wydaje im resztę. Było to związane z lekcją na temat problemu reszty, czyli jak wydać daną kwotę za pomocą najmniejszej liczby monet. Innym ciekawym tematem omawianym w terenie było obliczanie szerokości rzeki na podstawie wysokości drzew i pewnych odległości w terenie – nietrudno zauważyć w tym zadaniu wykorzystanie twierdzenia Talesa.

Konkluzja

Nikogo specjalnie nie zaskoczyła ocena efektów nauczania matematyki w polskich szkołach przedstawiona w raporcie NIK, że „z nauczaniem matematyki w polskich szkołach nie jest najlepiej”, ale dokładniejsza diagnoza, że „forma i sposób jej nauczania nie sprzyjają pełnemu rozwojowi kompetencji matematycznych u uczniów”, może właśnie sugerować zmianę „sposób jej nauczania”, a to z kolei wymagałoby wręcz zmiany systemowej w podstawach programowych i programach nauczania, egzaminach i w przygotowaniu nauczycieli. Zacząć trzeba jednak od określenia modeli rozwoju kompetencji matematycznych uczniów, uwzględniających przede wszystkim ich możliwości i potrzeby, jak również ich zainteresowania związane z życiem pozaszkolnym i przyszłą karierą. W tym wystąpieniu sugeruję bliższą współpracę dydaktyków matematyki

z dydaktykami informatyki nad zwiększeniem roli informatyki w nauczaniu matematyki, czemu mógłby się przysłużyć większy nacisk na myślenie komputacyjne, które mogłoby wyprowadzić szkolną matematykę z pewnej izolacji w odniesieniu zarówno do innych dziedzin, jak i do życia poza matematyką.

Znaczna część wystąpienia będzie poświęcona myśleniu komputacyjnemu, które znajduje się w początkowym stadium swojego rozwoju jako podejście do kształcenia i nie wypracowało jeszcze własnych metod ewaluacji i osiągnięć uczniów. Pewne propozycje w tym zakresie zostaną poddane pod dyskusję.