

Joanna Kandzia
Uniwersytet Kardynała Stefana Wyszyńskiego

AKTYWNOŚĆ POZNAWCZA KSZTAŁTOWANA W TRAKCIE NAUKI MATEMATYKI Z WYKORZYSTANIEM TECHNOLOGII INFORMACYJNYCH

Wprowadzenie

Przez całe wieki, zanim człowiek nauczył się spostrzegać świat przez pryzmat symboli odnoszących się do idei, budowano na nich różne modele umysłu. W poznaniu naukowym niebagatelny udział przypada matematyce. Współczesna nauka, do tej pory nie stworzyła jednoznacznej teorii umysłu, na której można by było oprzeć teorię poznania matematycznego. Zatem rozstrzygnięcie szeregu kwestii teoriopoznawczych dotyczących filozofii matematyki zależy od modelu umysłu, jaki zostanie przyjęty^{1,2}. Odkrycie prawdy matematycznej jest możliwe przez „wgląd” umysłu do świata idei matematycznych, co jest związane z potrzebą rozumienia, a więc wykonywania przez matematyka operacji myślowych³, który rozumie, co robi, a nie jest tylko liczącą maszyną (czytaj komputerem). Wkraczamy tutaj w obszar filozofii matematyki i filozofii umysłu, gdzie istnieje szereg często sprzecznych teorii, poglądów i twierdzeń. Filozofowie i badacze mózgu nieustannie toczą spór o naturę matematyki. Matematyka otwiera wieloaspektową perspektywę deskrypcji rzeczywistości.

Psychologia a matematyka

Psychologia i matematyka – dwie zupełnie różne nauki? Psychologia jest nauką humanistyczną, matematyka jest dziedziną wiedzy niezmiernie zalgorytmizowaną. Biorąc pod uwagę stanowisko psychologii algorytmiczność kojarzy się ze schematyzm i odtwórczością. Przejawem giętkości, plastyczności, oryginalności myślenia jest heurystyczność.

¹ W.P. Grygiel, M. Hohol, *Teoriopoznawcze i kognitywistyczne wyzwania matematycznego Platonizmu*, „Logos i Ethos” 2_(27) 2009, s. 25–42.

² M. Heller, *Mózg i matematyka* <http://www.obi.opoka.org.pl/zfn/026/zfn02615Heller.pdf> [2021.10.14].

³ R. Penrose, *Droga do rzeczywistości*, tłum. J. Przystawa, Prószyński i S-ka, Warszawa 2006, s. 17 in.

Psychologia pomaga zrozumieć, dlaczego niektórzy ludzie radzą sobie z matematyką, a inni mają olbrzymie problemy. Szuka naukowych metod (kognitywistyka) pozwalających przezwyciężyć trudności w rozumieniu matematyki. Matematyka tymczasem, dostarcza narzędzi do badań psychologicznych (od 1897 roku) – metody statystyczne (analiza wariancji, korelacja, test t-Studenta), metody analizy danych (analiza czynnikowa, analiza skupień, modelowanie ścieżkowe).

Dzięki matematyce możliwy był rozwój psychologii. Matematykę stworzył człowiek przez odwzorowanie rzeczywistości, a tym jak tą rzeczywistość postrzega zajmuje się psychologia poznawcza nazywana również psychologią kognitywną (*cognitive psychology*). W obszarze jej zainteresowań leży poznawanie przez jednostkę otoczenia, tworzenia wiedzy o nim, którą można wykorzystać w zachowaniu. Wiedza jest przedstawiana jako reprezentacje umysłowe, mechanizmy jej tworzenia jako procesy poznawcze, a całość zagadnienia jako tworzenie i przekształcanie struktur poprzez procesy. Uogólniając, psychologia poznawcza zajmuje się badaniem wewnętrznych struktur (poznawczej reprezentacji świata) i procesów poznawczych (spostrzegania, myślenia, pamięci) lub inaczej badaniem organizacji i funkcjonowania umysłu (aktywność poznawcza to przetwarzanie informacji przez system poznawczy – umysł)⁴. Za jeden z podstawowych procesów poznawczych przyjmuje się percepcję czyli subiektywne odzwierciedlenie kategorii teorii poznania zajmujących się istotą poznania, procesami zdobywania przez człowieka wiedzy o rzeczywistości i o sobie samym, drogami do niej wiodącymi, jak też całokształtem tej wiedzy, jej sprawdzalnością, prawdziwością i użytecznością.

Zwrócenie uwagi na psychologię kognitywną uzasadnia fakt, że w ostatnich czasach dużo miejsca poświęca się na szukanie neurobiologicznych podstaw uczenia się czyli znajdowania związków pomiędzy budową i funkcjonowaniem mózgu a zachowaniami człowieka⁵.

Od 1975 psychologia poznawcza rozwija się w ścisłym powiązaniu z nauką o poznawaniu (*cognitive science*), która jest ogólną teorią umysłu ulokowaną na pograniczu informatyki, semiotyki, logiki i psychologii⁶.

Matematykę i psychologię łączą związki o szczególnym charakterze. Tylko ścisła współpraca psychologów, matematyków i statystyków specjalizujących się w zagadnieniach optymalizacji, specjalistów od sztucznej inteligencji, modelowania sieci neuronowych, psychologii i neurobiologii daje szansę na znalezienie odpowiedzi na wiele pytań dotyczących natury umysłu⁷.

⁴ Tekst (w) sieci, https://www.pl.wikipedia.org/wiki/Psychologia_poznawcza [2022.02.12].

⁵ B. Siemieniecki, *Edukacja a nowe technologie w kulturze, informacji i komunikacji*, artykuł w wersji nieopublikowanej.

⁶ Tekst (w) sieci, <http://www.encyklopedia.pwn.pl/haslo/psychologia-poznawcza;3964157.html> [2022.02.15].

⁷ J. Kandzia, *Edukacja matematyczna a cywilizacja cyfrowa, Podmioty kształcenia wobec wyzwań technologii informacyjnych*, Wydawnictwo UKSW, Warszawa 2016, s. 46-50.

Umysł - technologie informacyjne - matematyka

Zrozumienie sposobu poznawania świata przez jednostkę, odkrycie mechanizmów rozumowania, tworzenie modeli wewnętrznych, sposobów symulowania komputerowego i modelowania matematycznego należą do najbardziej palących tematów dla psychologii poznawczej. Nauka o umyśle znalazła się w centrum uwagi dopiero w latach 50-tych. Wtedy to podjęto próbę zrozumienia wewnętrznego przetwarzania informacji niedostępnego zewnętrznej obserwacji, która nadaje monitorowanej aktywności kierunek, znaczenie i spójność. Przeniesienie zainteresowań zostało zainicjowane zaskakującą koincydencją nowych podejść w przedmiocie komputerów, psychologii dziecka i nauk o komunikacji.

W 1945 roku matematyk, twórca pierwszej architektury komputera, John von Neuman⁸ dokonał porównania pomiędzy obwodami elektronicznymi komputera cyfrowego, a neuronami mózgu oraz między pamięcią komputera, a pamięcią mózgu. Herbert Simon i Allen Newell stworzyli programy komputerowe symulujące rozwiązywanie problemów przez człowieka, otwierając w ten sposób innowacyjne strategie badania procesów umysłowych⁹. Czy możliwa jest zatem pełna korelacja między mózgiem i komputerem? Czy jeżeli komputery potrafią przetwarzać symbole w danym zagadnieniu na rozumowanie, to ludzkie umysły, które je zaprogramowały, powinny być badane przez psychologów jako urządzenia przetwarzające symbole?

Jean Piaget, psycholog rozwojowy w tym samym czasie prowadził badania nad dotarciem do procesów umysłowych, które pozwalają dzieciom na osiągnięcie rozumienia rzeczywistości fizycznej, Noam Chomsky, językoznawca, badał język jako część unikatowego systemu poznawczego, który rozumie i produkuje symbole^{10, 11}. Dało to początek nowej jakości spojrzenia na ludzkie myślenie.

Według Lwa Simionowicza Wygotskiego umysł pośredniczy między zewnętrznym światem a indywidualnym doświadczeniem, nie jest on logicznym kalkulatorem, a jedynie procesem nadawania doświadczeniu, znaczenia¹². Umysł stanowi wynik działania mózgu – jest tym, co robi mózg. Wiele cech charakteru to cechy wrodzone, a mózg składa się z lokalnych obszarów pełniących wyróżnione funkcje.

W połowie lat 50-tych rozpoczęto również badania nad sztuczną inteligencją. Pozwoliły one odnieść się do ludzkiego umysłu, jak do niezwykle sprawnego systemu przetwarzającego informację. Poszukiwano „algorytmu myślenia”. Działania okazały się płonne. Nie ma innej drogi do myślenia niż obszerna wiedza i sprecyzowana reprezentacja świata

⁸ Węgierski matematyk, inżynier chemik, fizyk i informatyk, pracujący głównie w Stanach Zjednoczonych. Wniósł znaczący wkład do wielu dziedzin matematyki – w szczególności był głównym twórcą teorii gier, teorii automatów komórkowych (w które pewien początkowy wkład miał także Stanisław Ulam) i stworzył formalizm matematyczny mechaniki kwantowej. Uczestniczył w projekcie Manhattan. Przyczynił się do rozwoju numerycznych prognoz pogody, Tekst (w) sieci, http://www.wikipedia.org/wiki/John_von_Neumann [2021.12.14].

⁹ P.G. Zimbardo, *Psychologia i życie*, PWN S. A., Warszawa 1999, s. 77.

¹⁰ Tamże, s. 78.

¹¹ J. Kandzia, *Kształtowanie wartości dydaktycznych i wychowawczych w procesie edukacji matematycznej z wykorzystaniem technik multimedialnych*, Impuls, Kraków 2011, s. 44.

¹² S. Dylak, [w:] Tekst (w) sieci, <http://www.cen.uni.wroc.pl/teksty/konstrukcja.html>, *Konstruktywizm jako obiecująca perspektywa kształcenia nauczycieli*, Artykuł zamieszczony w Internecie CEN UW, s. 1 [2002.01.09].

w określonym programie, który wykazuje się inteligentnym zachowaniem. Informatyka uzmysłowiła ludzkości, w jaki sposób można zbudować złożone procesy przetwarzania informacji manipulując symbolami oraz stosując niewielki zbiór reguł.

Świat sztucznych systemów kognitywnych i automatycznego uczenia rozwija się w bardzo szybkim tempie. Staje się istotnym wyzwaniem dla badań naukowych. Opracowane w tej dziedzinie nowe techniki zmieniają nasze codzienne życie i pracę. Z neurobiologicznego punktu widzenia uczenie się jest dynamicznym procesem uruchamiającym aktywne przetwarzanie informacji. Naukowcy wskazują na to, że posiłkując się współczesnymi wynikami badań nad mózgiem i poznaniem, można wyeksplikować cały szereg procesów dydaktycznych. Wspomina się tutaj o zasadzie odtwarzania wyuczonych wcześniej zachowań – wiadomości i umiejętności, któremu sprzyja podobieństwo sytuacji odtwarzania, do sytuacji osiągania tych wyuczonych wiadomości i umiejętności¹³.

Nieskończony, platoński świat idealnych form matematycznych istnieje w potencjalny sposób. Liczba takich form jest nieskończona, zatem niektóre z nich muszą być wykorzystane do konstruowania modeli rzeczywistości. Istnienie potencjalne jest bardzo subtelnym zagadnieniem filozoficznym – dopiero w momencie rozpoznania jakiejś formy przez umysł, istnienie to aktualizuje się. Richard Dawkins nazywał taki świat, potencjalnie istniejący zawsze „biomorfami”. Dopiero doświadczenia komputerowe pozwoliły zmienić istnienie potencjalne na realne. Platonizm matematyczny zakłada obiektywne istnienie bytów matematycznych. Roger Penrose natomiast, porównuje poznanie prawdy matematycznej do „widzenia” przez umysł obiektów ze świata platońskiego:

[...] Wyobrażam sobie, że ilekroć umysł postrzega matematyczne pojęcie, styka się z platońskim światem idei: Gdy ktoś „widzi” prawdę matematyczną, jego świadomość dociera do świata idei i nawiązuje z nim bezpośredni kontakt – świat ten staje się dlań dostępny za pośrednictwem intelektu [...]. Rozmowa między matematykami jest możliwa, ponieważ obaj mają bezpośredni dostęp do prawdy; świadomość każdego z nich może bezpośrednio postrzegać matematyczne prawdy dzięki temu procesowi „widzenia”¹⁴.

Współczesne badania wykazują, że nowoczesne technologie informacyjne, właściwie stosowane w procesie edukacji matematycznej mogą:

- sprzyjać aktywności uczniów (zadawaniu pytań, rozwiązywaniu zadań, czynnościom indywidualnym oraz pracy grupowej),
- rozwijać samodzielność poznawczą,
- pobudzać do działania oraz ośmielać uczniów wycofanych,
- ułatwić zrozumienie problemu (dzięki np. wizualizacji zagadnień),
- inspirować do wyszukiwania dodatkowych informacji oraz samodzielnego kształcenia,
- wspomagać proces zapamiętywania materiałów,

¹³ J. Kandzia, *Edukacja matematyczna a cywilizacja cyfrowa, Podmioty kształcenia wobec wyzwań technologii informacyjnych*, Wydawnictwo UKSW, Warszawa 2016, s. 50-53.

¹⁴ R. Penrose, *Droga do rzeczywistości*, tłum. J. Przystawa, Prószyński i S-ka, Warszawa 2006, s. 459.

- podnosić poziom akceptacji przedmiotów ścisłych¹⁵.

Formy aktywności poznawczej kształtowane w trakcie nauki matematyki z wykorzystaniem technologii informacyjnych

Rzeczywistość w której przyszło nam żyć to wszechotaczające media cyfrowe/technologie informacyjne. Uczymy i uczymy się korzystając z ich nieograniczonych możliwości. Pojęcie aktywności poznawczej ucznia w przestrzeni edukacyjnej jest złożonym zagadnieniem, na którego kształtowanie składa się wiele czynników takich jak: szkoła, dom, rodzice, rówieśnicy czy okolica lokalna, w której uczeń się znajduje. Dla niniejszego opracowania istotnym było poznanie jakie aktywności poznawcze ucznia można kształtować z wykorzystaniem technologii informacyjnych. Badania przeprowadzono wśród 35 przyszłych nauczycieli matematyki – studentów specjalizacji nauczycielskiej II stopnia kierunku matematyka Wydziału Matematyczno-Przyrodniczego Szkoły Nauk Ścisłych UKSW w Warszawie.

Analizie poddano raporty z ankiety diagnozującej przeprowadzonej wśród 35 uczestników. Zadane pytania pozwoliły odpowiedzieć na postawiony problem badawczy:

Jakie formy aktywności poznawczej kształtuje uczeń w trakcie nauki matematyki z wykorzystaniem narzędzi technologii informacyjnej?

Ankieta miała charakter dobrowolny i odpowiedzi nie skutkowały oceną z przedmiotu. Analizując wypowiedzi studentów dotyczące zasadności i celowości stosowania mediów cyfrowych, jako narzędzi wspomagających nabywanie kompetencji matematycznych, potwierdzono hipotezy wygenerowane przez powyższy problem badawczy.

Pytania, na które odpowiedzieli nauczyciele to:

1. *Jakie umiejętności Waszym zdaniem, doskonalili uczeń korzystając z mediów cyfrowych w trakcie nauki matematyki – na lekcjach oraz w trakcie pracy własnej: systematyczność, rozwija wyobraźnię, umiejętność wyszukiwania informacji, umiejętność tematycznego łączenia informacji/wiedzy, umiejętność syntezy wiadomości, umiejętność aktywnego konstruowanie wiedzy, żadne (można było dodać własne pomysły i oczywiście wybrać kilka odpowiedzi)?*
2. *Czy Waszym zdaniem używanie mediów cyfrowych wspomaga uczniów z trudnościami w uczeniu się i rozumieniu matematyki?*
3. *Czy wizualizacja problemów matematycznych pomaga uczniom w zdobywaniu wiedzy matematycznej?*
4. *Czy Waszym zdaniem, komputer: może zastąpić nauczyciela, jest narzędziem wspomagającym naukę matematyki, nauka jest ciekawsza, uczeń zapamiętuje szybciej*

¹⁵ K. Majewska, *Tablica interaktywna w procesie nauczania wczesnoszkolnego*, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Toruń 2015;

K. Majewska, *Nauczanie i uczenie się w przestrzeni mediów wirtualnych*, Wydawnictwo Adam Marszałek, Toruń 2021;

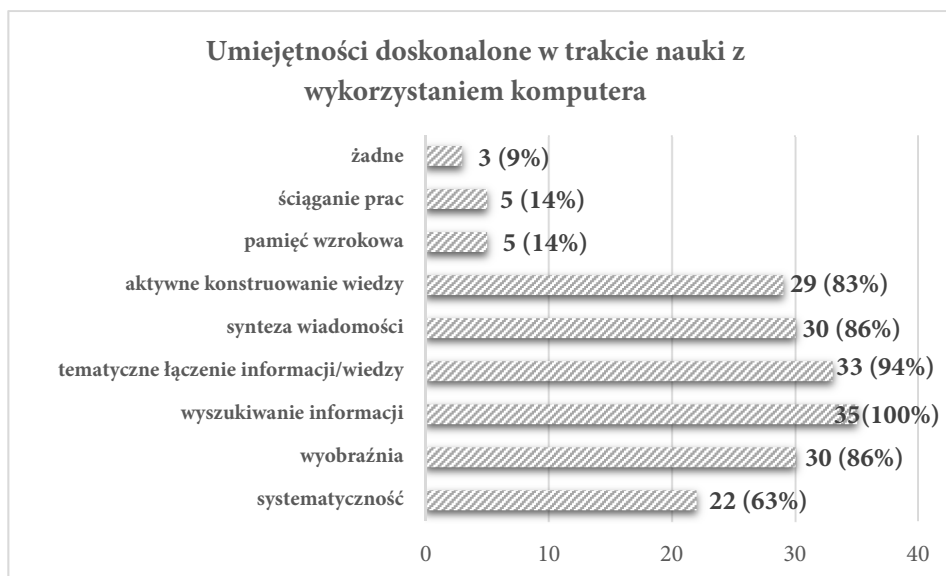
B. Siemieniecki, K. Majewska, *Pedagogical Premises of the Use of Tablets in the Teaching Process* „The New Educational Review” nr 42, 2015, s. 65-79;

T. Lewowicki, B. Siemieniecki (red.), *Nowe media w edukacji*, Wydawnictwo Adam Marszałek, Toruń 2012.

materiał, lekcje są nudne, angażują uczniów do poszukiwania rozwiązań, zachęcają/mobilizują uczniów do pracy?

Ad. 1

Na rysunku 1 został przedstawiony ilościowy i procentowy wskaźnik umiejętności jakie w opinii studentów matematyki nabywa uczeń w trakcie zajęć wspomaganych komputerowo. Wszyscy badani wskazali, że uczniowie zdobywają umiejętność wyszukiwania informacji. Zdecydowana większość bo aż 33 (94%) wskazała na tematyczne łączenie informacji/wiedzy. 30 (86%) respondentów uważało, że uczniowie kształtują wyobraźnię oraz nabywają umiejętności syntezy wiadomości. 29 (83%) wskazało na umiejętność aktywnego konstruowania wiedzy a 22 (63%) na systematyczność. Po 5 (14%) osób wspomniało o doskonaleniu pamięci wzrokowej jak również o ściąganiu prac. Wśród studentów byli tacy (3), którzy uważali, że nie zdobywają żadnych kompetencji.



Rysunek 1. Umiejętności, które doskonalili uczeń korzystając z komputera podczas nauki matematyki

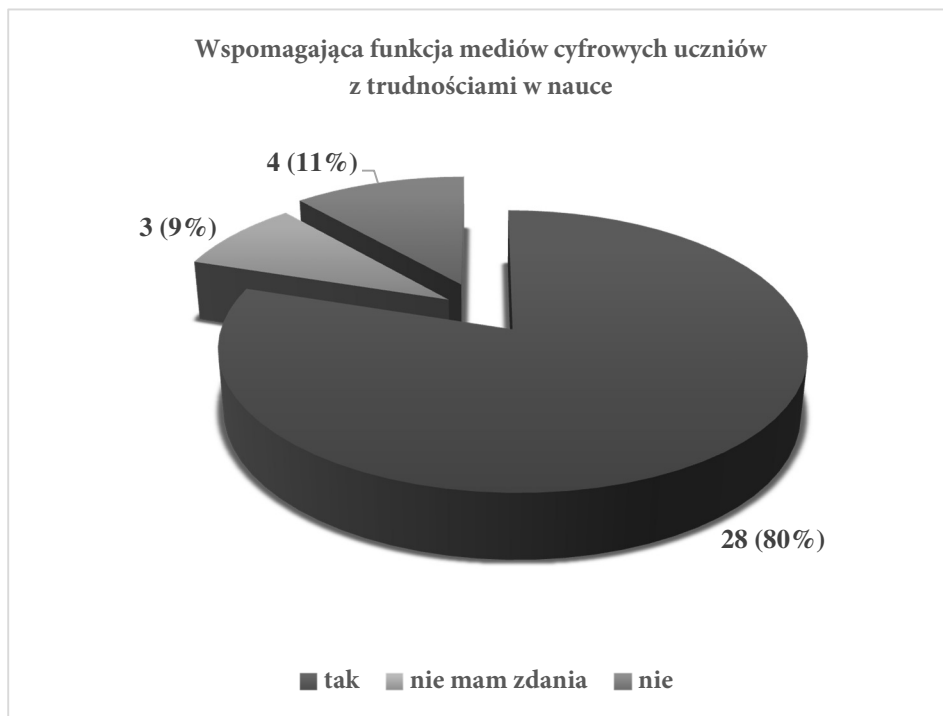
Respondenci mogli wybrać dowolną liczbę aktywności oraz dodać swoje pomysły.

Ad.2.

Interesującym było jakie jest zdanie przyszłych pedagogów w kwestii uczniów mających trudności z nauką, rozumieniem matematyki i funkcją mediów cyfrowych.

28 (80%) respondentów orzekło, że zajęcia z wykorzystaniem mediów cyfrowych wspomagają uczniów z trudnościami w uczeniu się i rozumieniu matematyki. 3 (9%) wśród

badanych nie miało zdania na ten temat, natomiast 4 (11%) studentów odpowiedziało, że nie wspomaga, rysunek 2.



Rysunek 2. Czy media cyfrowe są elementem wspomagającym uczniów z trudnościami?

Ad. 3

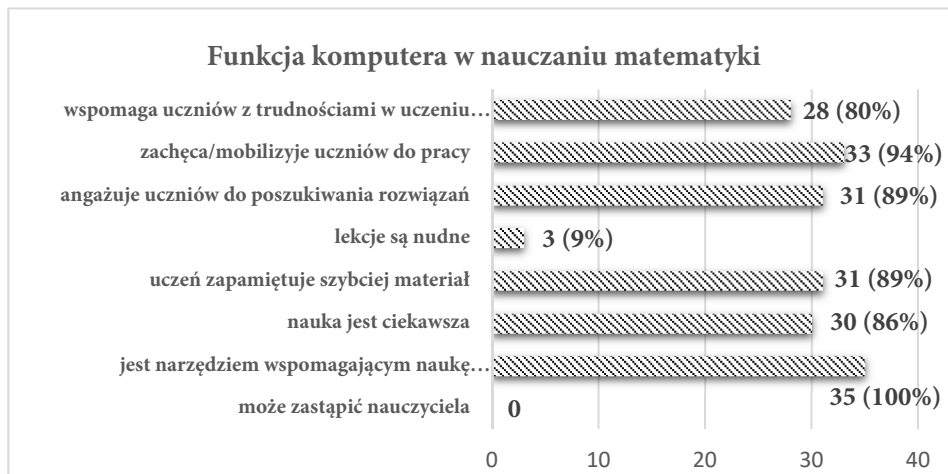
Media cyfrowe to w większości przypadków wizualizacja zagadnień. Czy jest potrzebna dla zrozumienia matematyki? Na takie pytanie odpowiedziała badana grupa studentów.

Wszyscy respondenci uznali, iż wizualizacja problemów matematycznych pomaga uczniom w zdobywaniu wiedzy. Matematyka jest nauką obrazkową zatem im więcej przykładów, rysunków, wykresów, obrazów tym lepsze rezultaty osiąga uczący się.

Ad. 4

Cieszy fakt, że na pytanie, czy komputer może zastąpić nauczyciela wszyscy odpowiedzieli, że nie. Również wszyscy uważali, że jest narzędziem wspomagającym naukę matematyki. 30 (86%) badanych potwierdziło, że nauka jest ciekawsza, jednak dla 3 (9%) respondentów lekcje matematyki są nudne. Dla 31 (89%) studentów uczeń szybciej zapamiętuje materiał jak również angażuje uczniów do poszukiwania rozwiązań. 33 (94%) odpowiedzi

to zachęcanie i mobilizacja uczniów do pracy a 28 (80%) stwierdziło, że to wspomaga uczniów z trudnościami w nauce, rysunek 3.



Rysunek 3. Funkcja komputera w nauczaniu matematyki

Respondenci mogli wybrać dowolną liczbę aktywności oraz dodać swoje pomysły.

Wnioski

Przedstawione analizy wyników badania wskazują, że w trakcie nauki/uczenia się matematyki z wykorzystaniem technologii informacyjnych uczeń kształtuje aktywności poznawcze/kompetencje w zakresie: systematyczności, umiejętności wyszukiwania informacji, umiejętności tematycznego łączenia informacji/wiedzy, umiejętności syntezy wiadomości, umiejętności aktywnego konstruowania wiedzy, rozwijania wyobraźni, umiejętności poszukiwania rozwiązań, umiejętności szybszego zapamiętywania materiału, ciekawości wobec świata, doskonalenia pamięci wzrokowej, chęci pracy i nauki. Lekcje matematyki są atrakcyjne poznawczo dla ucznia.

Zdaniem przyszłych nauczycieli (wśród badanych 12 studentów uczy w szkołach) lekcje z komputerem są ciekawsze dla ucznia (86%); mobilizują do pracy (40%); wspomagają uczniów z trudnościami w uczeniu się matematyki (80%); wizualizacja problemów matematycznych pomaga uczniom w zdobywaniu wiedzy (100%); lekcje nie są nudne. Uczni doskonalili sporo umiejętności. Na pierwszym miejscu znalazło się wyszukiwanie informacji (100%), co w dzisiejszych czasach jest bardzo pożądanym talentem. Cieszy również 94% dla tematycznego łączenia informacji/wiedzy Nieco mniej głosów w podanej kolejności używały takie predyspozycje jak: wyobraźnia i synteza wiadomości (86%), aktywne konstruowanie wiedzy (83%), systematyczność (63%), 5 osób zwróciło uwagę na ćwiczenie pamięci

wzrokowej, czyli nawiązanie do wizualizacji. Nie zabrakło również stwierdzenia, że ściąganie prac (5) oraz żadnych (3 wskazania), rysunek 1. Na pewno komputer nie może zastąpić nauczyciela.

Podsumowanie

Nie można mieć wątpliwości, że zakres aktywności poznawczych ucznia kształtowanych w trakcie pracy z komputerem na lekcjach matematyki jest dość szeroki. Jednym z podstawowych warunków kompetencji matematycznych jest posiadanie gruntownej i rozległej wiedzy ogólnej, matematycznej jak również umiejętności technicznych. Umiejętność zadawania pytań i udzielania odpowiedzi na zadany temat, w ramach i z wykorzystaniem środków matematycznych. Idea algorytmizacji w nauczaniu matematyki wiąże ją z informatyką. Czyli matematyka i technologie informacyjne, matematyka i informatyka oraz wiedza o człowieku, uczestniku i współtwórcy w procesie dydaktycznym. Autorka pragnie zwrócić uwagę na konieczność kreatywnego wykorzystania tych narzędzi. Ucznia młodego pokolenia twórczego myślenia, wypracowania postaw twórczych, umiejętności podejmowania decyzji, krytycznego odbierania i interpretowania informacji.

Należy kłaść jak największy nacisk na rozwój aktywności poznawczej uczącej się jednostki, społeczeństwa wiedzy. Ostatnie wydarzenia pokazały, że nie jest to możliwe bez technologii informacyjnych/Internetu, które są wszechobecne w życiu każdego człowieka na ziemi a my w nich. Przytoczę słowa Manuela Castellsa z jego książki „Galaktyka Internetu”: [...] Wyobrażam sobie, jak ktoś mówi: „Dlaczego nie zostawisz mnie w spokoju?! Nie chcę ani kawałka , twojego Internetu, twojej cywilizacji technicznej, twojego społeczeństwa sieciowego! Chcę po prostu żyć po swojemu!” Cóż, jeśli tak uważasz, mam dla ciebie złe wieści. Mimo, że ty nie dbasz o sieci, one zadbają o ciebie. Tak długo bowiem, jak będziesz chciał żyć w społeczeństwie, tutaj i teraz, będziesz miał do czynienia ze społeczeństwem sieciowym. Żyjemy bowiem w Galaktyce Internetu¹⁶.

¹⁶ M. Castells, *Galaktyka Internetu*, Rebis, Poznań 2003, s.313.

Bibliografia

- Duch W., *Czym jest Kognitywistyka? Kognitywistyka i Media w Edukacji 1*, 1988, s. 8, 9,
[w:] J. Kandzia, 2016, *Edukacja matematyczna a cywilizacja cyfrowa, Podmioty kształcenia wobec wyzwań technologii informacyjnych*, UKSW, Warszawa, s. 47-50.
- Castells M., *Galaktyka Internetu*, Rebis, Poznań 2003, s.313.
- Dylak S., [w:] Tekst (w) sieci, <http://www.cen.uni.wroc.pl/teksty/konstrukcja.html>,
Konstruktywizm jako obiecująca perspektywa kształcenia nauczycieli,
Artykuł zamieszczony w Internecie CEN UW, s. 1 [2002.01.09].
- Grygiel W.P., Hohol M., *Teoriopoznawcze i kognitywistyczne wyzwania matematycznego Platonizmu*, „Logos i Ethos” 2_(27) 2009, s. 25–42.
- Heller M., *Mózg w sieci*, [w:] Tekst (w) sieci,
<http://www.obi.opoka.org.pl/zfn/026/zfn02615Heller.pdf> [2021.10.14].
- Kandzia J., *Kształtowanie wartości dydaktycznych i wychowawczych w procesie edukacji matematycznej z wykorzystaniem technik multimedialnych*,
Impuls, Kraków 2011, s. 44.
- Kandzia J., *Edukacja matematyczna a cywilizacja cyfrowa, Podmioty kształcenia wobec wyzwań technologii informacyjnych*, Wydawnictwo UKSW, Warszawa 2016, s. 46-53.
- Kandzia J., *Kognitywne aspekty w edukacji matematycznej*, [w:], *Edukacja Humanistyczna*, Pórocznik myśli społeczno-pedagogicznej, Szczecin 2021/2 (45).
- Lewowicki T., Siemieniecki B. (red.), *Nowe media w edukacji*,
Wydawnictwo Adam Marszałek, Toruń 2012.
- Majewska K., *Tablica interaktywna w procesie nauczania wczesnoszkolnego*,
Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Toruń 2015.
- Majewska K., *Nauczanie i uczenie się w przestrzeni mediów wirtualnych*,
Wydawnictwo Adam Marszałek, Toruń 2021.
- Penrose R., *Droga do rzeczywistości*, tłum. J. Przystawa, Prószyński i S-ka,
Warszawa 2006, s. 17, 459.
- Siemieniecki B., *Edukacja a nowe technologie w kulturze, informacji i komunikacji*,
artykuł wersji nieopublikowanej.
- Siemieniecki B., Majewska K., *Pedagogical Premises of the Use of Tablets in the Teaching Process*, „The New Educational Review” nr 42, 2015, s. 65-79.
- Tekst (w) sieci, https://www.pl.wikipedia.org/wiki/Psychologia_poznawcza [2022.02.12].
- Tekst (w) sieci, <http://www.encyklopedia.pwn.pl/haslo/psychologia-poznawcza;3964157.html> [2022.02.2015].
- Zimbardo P.G., *Psychologia i życie*, PWN S. A., Warszawa 1999, s. 77.
- Tekst (w) sieci, http://www.kramarz.pl/?p=/pl/technologie/sztuczna_inteligencja
[2020.11.12.20].

Joanna Kandzia

Aktywność poznawcza kształtowana w trakcie nauki matematyki z wykorzystaniem technologii informacyjnych

Opracowanie jest kontynuacją artykułu: „Kognitywne aspekty w edukacji matematycznej”¹⁷. Zwrócono uwagę na zależności występujące między matematyką a psychologią, ich wzajemne korelacje. Dokonano krótkiego przeglądu ewaluacji badań nad umysłem i jego związkiem z technologiami informacyjnymi/informatyką. Przedstawiono wyniki badań przeprowadzonych wśród studentów matematyki nt. Jakie formy aktywności poznawczej kształtuje uczeń w trakcie nauki matematyki z wykorzystaniem narzędzi technologii informacyjnej?

Słowa kluczowe: aktywność poznawcza, kompetencje, matematyka, psychologia, sztuczna inteligencja.

Cognitive activity shaped in the course of learning mathematics with the use of information technologies

The study is a continuation of the article: "Cognitive aspects in mathematical education". The attention was paid to the relationships between mathematics and psychology and their mutual correlations. A brief review of the evaluation of research on the mind and its relationship to information technology / computing. The paper presents the results of research conducted among students of mathematics on What forms of cognitive activity does a student develop while learning mathematics with the use of information technology tools?

Keywords: artificial intelligence, cognitive activity, competences, mathematics, psychology.

Translated by Joanna Kandzia

¹⁷ J. Kandzia, *Kognitywne aspekty w edukacji matematycznej*, [w:] Edukacja Humanistyczna, Półrocznik myśli społeczno-pedagogicznej, Szczecin 2021/2 (45).

