

# „Cyfrowe liczby”: Przykłady narzędzi ICT służących kształtowaniu kompetencji matematycznych ucznia poprzez stymulację prakcji

Tomasz Przybyła i dr Michał Klichowski

---

**Słowa kluczowe:** poznanie matematyczne, multimedialność, sieci neuronalne, motoryka dziecka

## 1. Wprowadzenie: Związek prakcji i liczb

Neuralna sieć prakcji, znajdująca się w lewej półkuli ludzkiego mózgu (Przybylski i Króliczak 2017), jest ściśle powiązana z neuronalną siecią przetwarzania liczb (Brozzoli i wsp., 2008; Domahs, Krinzinger i Willmes, 2008; Kaufmann i wsp., 2008; Klichowski i Króliczak, 2017; Marghetis i Nunez, 2013; Nieder, 2005; Noel, 2005; Penner-Wilger i wsp., 2007; Riemer i wsp., 2016; Sato i wsp., 2007). Stawia się więc tezę zakładającą, iż poznanie matematyczne jest w jakimś sensie zakorzenione w doświadczeniu cielesnym (jest ucieleśnione, patrz: Domahs i wsp., 2010), a więc, że na wczesnych etapach rozwoju człowieka kompetencje matematyczne są kształtowane poprzez działania o charakterze motorycznym, na przykład takie, jak liczenie na palcach (Andres, Olivier i Badets, 2008; Dehaene, Bossini, i Giraux, 1993). Tezę tę potwierdzają wyniki badań prowadzonych z udziałem dzieci cierpiących na agnozę czuciową, zwłaszcza agnozę palców. Dysfunkcji tej,

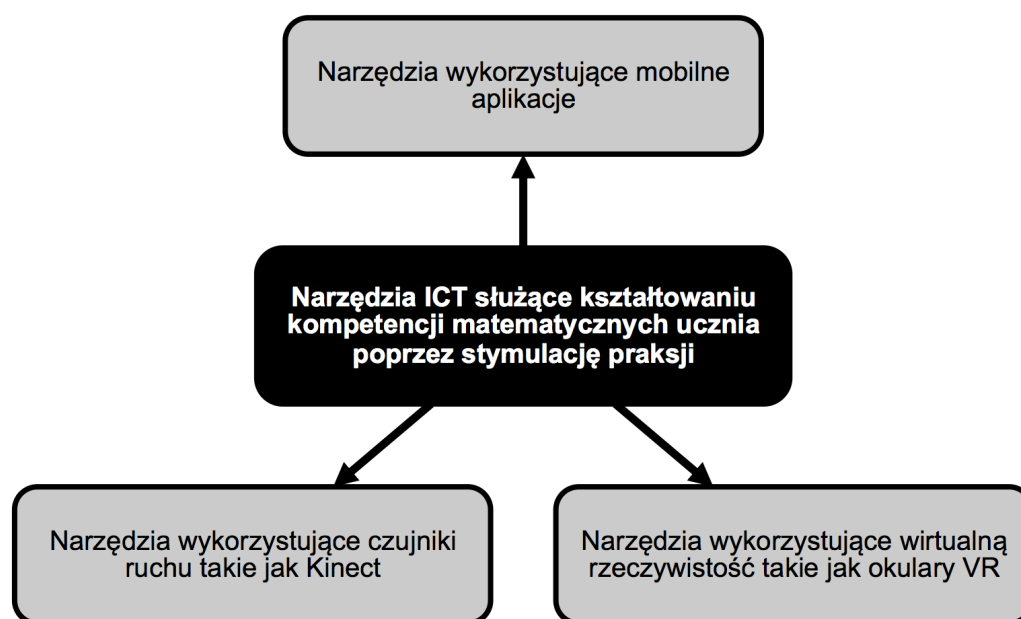
objawiającej się w trudnościach w identyfikacji obiektów za pomocą dotyku czy ruchu, towarzyszą bowiem trudności o specyficie ściśle matematycznej, np. problemy z liczeniem (Noel, 2005; Penner-Wilger i wsp., 2007). Co więcej, wyniki badań w których poddawano dzieci treningowi palców (z wykorzystaniem różnego typu gier paluszkowych, polegających na rozsuwaniu i dosuwaniu obiektów, przeprowadzaniu ich przez labirynty czy wykonywaniu różnych sekwencji ruchów na klawiaturze pianina) pokazują, iż tego typu oddziaływanie nie tylko zwiększa sprawność palców, ale jednoznacznie wspiera rozwój kompetencji matematycznych (Gracia-Bafalluy i Noel, 2008).

Stymulacja prakcji jest więc bardzo istotnym elementem procesu kształtowania kompetencji matematycznych ucznia (szczególnie tego najmłodszego). Niemniej, jest elementem najczęściej pomijanym w rzeczywistości edukacyjnej. Często dzieje się tak z przyczyn organizacyjnych, często także z braku świadomości nauczycieli dotyczącej związków poznania matematycznego z prakcją, co potwierdza istnienie tzw. przepaści pomiędzy doniesieniami neuronauki poznawczej a praktyką edukacyjną (Edelenbosch i wsp., 2015).

Współcześnie coraz łatwiej jednak stymulować prakcję w szkole czy przedszkolu, a zajęcia o tego typu charakterze mogą być bardzo ciekawe dla ucznia. Wszystko za sprawą rozwoju narzędzi opartych na technologiach informacyjno-komunikacyjnych (narzędzi ICT), które nie tylko mogą urozmaicać aktywności uczniów, ale także stwarzać możliwość do prowadzenia innowacyjnych zajęć stymulujących zarówno motorykę małą, jak i dużą (Klichowski i Przybyła, 2017; Klichowski i wsp., 2015; Przybyła, Basińska i Klichowski, 2014). W tekście tym prezentujemy najciekawsze z takich narzędzi. Być może poznanie ich zachęci praktyków do edukacyjnej aplikacji założeń koncepcji ucieleśnionego poznania matematycznego poprzez konstruktywne użycie nowych rozwiązań ICT.

## **2. Przykłady matematycznych narzędzi ICT stymulujących prakcję**

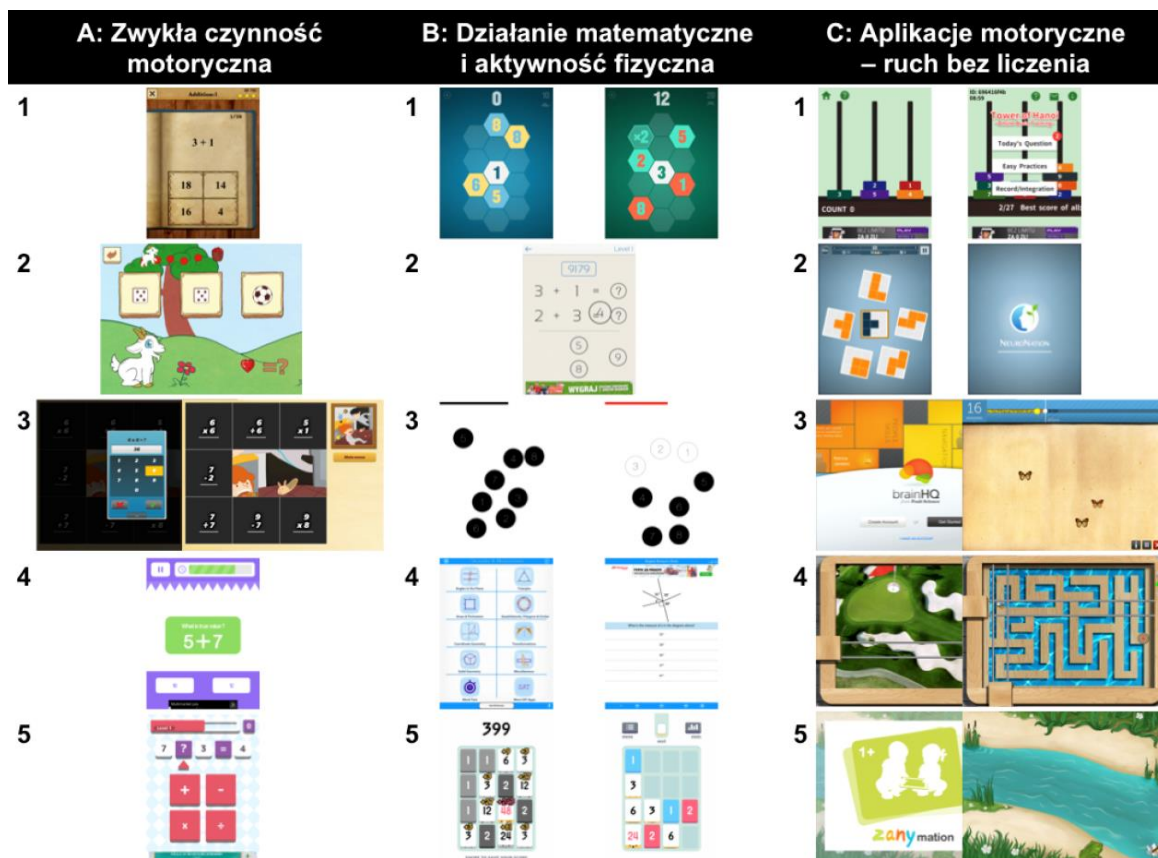
Wyróżniliśmy trzy grupy narzędzi ICT służących kształtowaniu kompetencji matematycznych ucznia poprzez stymulację prakcji. Jak ukazuje Rycina 1 należą do nich: (1) narzędzia wykorzystujące mobilne aplikacje, (2) narzędzia wykorzystujące wirtualną rzeczywistość takie jak okulary VR oraz (3) narzędzia wykorzystujące czujniki ruchu takie jak Kinect. Poszczególne grupy omawiamy w osobnych paragrafach, w których znajdują się także przykłady konkretnych narzędzi.



Rycina 1. Podział narzędzi ICT służących kształtowaniu kompetencji matematycznych ucznia poprzez stymulację prakcji.

### 2.1. Mobilne aplikacje

Mobilne aplikacje to programy instalowane na urządzeniach mobilnych typu smartphone czy tablet. Wiele z nich tworzonych jest do celów edukacyjnych. Wśród nich odnaleźć można także takie, które służą kształtowaniu kompetencji matematycznych poprzez stymulację prakcji. Jak ukazuje Rycina 2 podzielić można je analitycznie na trzy grupy: (A) aplikacje zachęcające uczniów do wykonywania obliczeń matematycznych poprzez prostą aktywność motoryczną typu klikanie palcem; (B) aplikacje zachęcające uczniów do wykonywania obliczeń matematycznych poprzez intensywną aktywność motoryczną o charakterze treningu palców; (C) aplikacje zachęcające uczniów do intensywnej aktywności motorycznej o charakterze treningu palców, ale pozbawionej kontekstu typowych obliczeń matematycznych. Wszystkie przedstawione na Rycinie 2 aplikacje można pobrać z App Store (system operacyjny iOS). Wiele z nich jest także dostępnych w Google Play (system operacyjny Android).



**Rycina 2. Przykłady aplikacji dostępnych w App Store służących kształtowaniu kompetencji matematycznych ucznia poprzez stymulację praksi. (A) Aplikacje zachęcające uczniów do wykonywania obliczeń matematycznych poprzez prostą aktywność motoryczną typu klikanie palcem: (1) King of Math; (2) Wise Goat; (3) Pie Quest; (4) Math WorkOut; (5) Math Game. (B) Aplikacje zachęcające uczniów do wykonywania obliczeń matematycznych poprzez intensywną aktywność motoryczną o charakterze treningu palców: (1) The Mesh; (2) Pure Math; (3) Inverto; (4) SAT Geometry; (5) Trees Free. (C) Aplikacje zachęcające uczniów do intensywnej aktywności motorycznej o charakterze treningu palców, ale pozbawionej kontekstu typowych obliczeń matematycznych: (1) Hanoi; (2) NeuroNation; (3) Brain HQ; (4) Rock & Troll; (5) Tappie Games.**

## 2.2. Okulary VR

Okulary VR oparte są na technologii rzeczywistości wirtualnej. Ich funkcja polega na przedstawianiu wirtualnego świata w taki sposób, by korzystająca z nich osoba miała wrażenie fizycznej, przestrzennej obecności prezentowanych za ich pośrednictwem przedmiotów. Jednostka używająca okulary VR doświadcza więc immersji i niejako realnie

przebywa w kreowanej technologicznie przestrzeni. Okulary te umożliwiają nie tylko granie w gry czy przenoszenie się w niedostępne zakątki świata, ale także podejmowanie innowacyjnych działań edukacyjnych, także tych w zakresie kształtowania kompetencji matematycznych. Przykładem może być tu platforma VR Math, która pomaga uczniom, za pomocą wirtualnej rzeczywistości, zrozumieć geometrię, wykresy, wektory 3D itp. (działanie VR Math można zobaczyć na filmie: <https://www.youtube.com/watch?v=BnpPkPTlkGs>). Przykładem wykorzystania okularów VR w procesie kształtowania kompetencji matematycznych poprzez stymulację praktyki może być natomiast pomysł firmy AMD, eksperymentalnie wprowadzony do jednej z kanadyjskich szkół. W projekcie tym uczniowie poprzez aktywność fizyczną tworzą wirtualne wykresy czy geometryczne kształty, a także przeprowadzają różnorakie obliczenia matematyczne (realizację projektu firmy AMD można zobaczyć na filmie: <https://www.youtube.com/watch?v=EXYzj6qwCCK>).

### **2.3. Kinect**

Kinect to urządzenie wykorzystujące czujniki ruchu, które pozwala na podejmowanie interakcji przez użytkownika z komputerem bez dodatkowych kontrolerów – kontrolerem jest tu bowiem ciało (jego ruchy i gesty) oraz głos. Kinect jest więc przede wszystkim narzędziem służącym rozrywce, jednak w ostatnim czasie mówi się także o jego edukacyjnym potencjale. Próbę wykorzystania Kinecta w procesie kształtowania kompetencji matematycznych uczniów podjęto na przykład na Uniwersytecie Waszyngtona w Bothell. W projekcie tym Kinecta wykorzystano do umożliwienia uczniom poznawania abstrakcyjnych pojęć matematycznych w sposób interaktywny, poprzez wizualizowanie ich w czasie rzeczywistym odpowiednimi ruchami ciała (przebieg zajęć realizowanych w ramach tego projektu można obejrzeć na filmie: <https://www.youtube.com/watch?v=KV0RVlg7U40>).

### **3. Paradoks narzędzi ICT**

Narzędzia ICT wydają się więc mieć niezwykle edukacyjny potencjał w kontekście kształtowania kompetencji matematycznych ucznia. Są one bowiem nie tylko ciekawym nośnikiem matematycznych treści, ale mogą świetnie wspomagać rozwój motoryczny dziecka, co natomiast stymuluje nie tylko motoryczne obszary mózgu, ale także te, związane z przetwarzaniem liczb.

Niestety, tak sformułowana konkluzja nie może być uznana za ostateczną. Wiele wyników najnowszych badań sugeruje bowiem, że intensywne korzystanie z narzędzi ICT może mieć bardzo negatywne skutki dla poznawczego funkcjonowania człowieka, a także – co w kontekście powyższych rozważań brzmi wręcz paradoksalnie – dla „kondycji” jego neuronalnej sieci prakcji. Studium z wykorzystaniem metody elektroencefalografii (EEG) realizowane przez Gindrat i współpracowników (2015) pokazuje na przykład, że już samo klikanie w dotykowy ekran telefonu lub tabletu zmienia organizację prakcji w ludzkim mózgu w taki sposób, że doprowadza do dysfunkcji motorycznych i rozwoju przewlekłego bólu ręki o charakterze neurologicznym. Ponadto, jak wykazali Hadar ze współpracownikami (2015), tego typu używanie narzędzi ICT obniża poziom skuteczności wykonywania zadań poznawczych. Prawdopodobnie – jak wynika z badań Loh i Kanai (2014) prowadzonych z wykorzystaniem funkcjonalnego obrazowania metodą rezonansu magnetycznego (fMRI) – jest to konsekwencją zmniejszania się gęstości istoty szarej w przedniej części zakrętu obręczy (obszarze mózgu szczególnie istotnym dla procesów poznawczych) w toku intensywnego używania narzędzi multimedialnych. Co najbardziej niepokojące, pierwsze wyraźne spadki skuteczności poznawczej obserwuje się już po trzech miesiącach kontaktu z dotykowymi ekranami narzędzi ICT (Hadar i wsp. 2015).

Czy zatem należy wykorzystywać narzędzia ICT w edukacji, na przykład podczas kształtowania kompetencji matematycznych? Wydaje się, że i w tym przypadku koniecznym jest skorzystanie z zasady złotego środka, łącząc aktywności oparte na użyciu narzędzi ICT, z tymi opartymi na kontakcie z realnymi narzędziami i przedmiotami, ze szczególnym uwzględnieniem działań ruchowych oraz tych silnie angażujących matematyczną wyobraźnię, dzięki której liczenie może odbywać się wszędzie, i poprzez wszystko.

#### **Wkład autorów**

Praca bazuje na koncepcji MK i TP. Aspekt związku liczb i prakcji oraz paradoksu narzędzi ICT przeanalizował MK. Przykłady narzędzi ICT opracował TP. Obaj autorzy uczestniczyli w pisaniu artykułu oraz wykonaniu grafik.

#### **Podziękowania**

Autorzy dziękują Profesor Agnieszce Cybal-Michalskiej za zaproszenie do publikacji. W okresie przygotowanie niniejszej pracy TP i MK byli wspierani przez grant European Cooperation in Science and Technology: *European Network on Brain Malformations (Neuro-MIG)* (CA COST Action CA16118).

## Literatura

- Andres, M., Olivier, E. i Badets, A., (2008). Actions, words, and numbers. A motor contribution to semantic processing?. *Current Directions in Psychological Science*, 17(5). 313-317. DOI: 10.1111/j.1467-8721.2008.00597.x
- Brozzoli, C., Ishihara, M., Gobel, S.M., Salemme, R., Rossetti, Y. i Farne, A. (2008). Touch perception reveals the dominance of spatial over digital representation of numbers. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(14). 5644-5648. DOI: 10.1073/pnas.0708414105
- Dehaene, S., Bossini, S., i Giraux, P. (1993). The mental representation of parity and number magnitude. *Journal of Experimental Psychology: General*, 122(3). 371-396. DOI: 10.1037/0096-3445.122.3.371
- Domahs, F., Krinzinger, H. i Willmes, K. (2008). Mind the gap between both hands: evidence for internal finger-based number representations in children's mental calculation. *Cortex*, 44(4). 359-67. DOI: 10.1016/j.cortex.2007.08.001
- Domahs, F., Moeller, K., Huber, S., Willmes, K. i Nuerk, H.-C. (2010). Embodied numerosity: implicit hand-based representations influence symbolic number processing across cultures. *Cognition*, 116(2). 251-266. DOI: 10.1016/j.cognition.2010.05.007
- Edelenbosch, R., Kupper, F., Krabbendam, L. i Broerse, J.E.W. (2015). Brain-based learning and educational neuroscience: boundary work. *Mind, Brain, and Education*, 9. 40-49. DOI: 10.1111/mbe.12066
- Gindrat, A.-D., Chytiris, M., Balerna, M., Rouiller, E.M. i Ghosh, A. (2015). Use-dependent cortical processing from fingertips in touchscreen phone users. *Current Biology*, 25(1). 109-116. DOI: 10.1016/j.cub.2014.11.026
- Gracia-Bafalluy, M. i Noel, M.-P. (2008). Does finger training increase young children's numerical performance?. *Cortex*, 44(4). 368-375. DOI: 10.1016/j.cortex.2007.08.020
- Hadar, A.A., Eliraz, D., Lazarovits, A., Alyagon, U. i Zangen, A. (2015). Using longitudinal exposure to causally link smartphone usage to changes in behavior, cognition and right prefrontal neural activity. *Brain Stimulation*, 8(2). 318-318. DOI: 10.1016/j.brs.2015.01.032
- Kaufmann, L., Vogel, S.E., Wood, G., Kremser, C., Schocke, M., Zimmerhackl, L.B. i Koten, J.W. (2008). A developmental fMRI study of nonsymbolic numerical and spatial processing. *Cortex*, 44(4). 376-385. DOI: 10.1016/j.cortex.2007.08.003

- Klichowski, M. i Króliczak, G. (2017). Numbers and functional lateralization: a visual half-field and dichotic listening study in proficient bilinguals. *Neuropsychologia*, 100. 93-109. DOI: 10.1016/j.neuropsychologia.2017.04.019
- Klichowski, M. i Przybyła, T. (2017). Does cyberspace increase young children's numerical performance? A brief overview from the perspective of cognitive neuroscience. W: H. Krauze-Sikorska i M. Klichowski (red.), *Świat małego dziecka. Przestrzeń instytucji, cyberprzestrzeń i inne przestrzenie dzieciństwa* (425-444), Poznań: Wydawnictwo Naukowe UAM
- Klichowski, M., Bonanno, P., Jaskulska, S., Smaniotto Costa, C., de Lange, M. i Klauser, F.R. (2015). CyberParks as a new context for Smart Education: theoretical background, assumptions, and pre-service teachers' rating. *American Journal of Educational Research*, 3(12A). 1-10. DOI: 10.12691/education-3-12A-1
- Loh, K.K. i Kanai, R. (2014). Higher media multi-tasking activity is associated with smaller gray-matter density in the anterior cingulate cortex. *PLoS ONE*, 9(9). 1-7. DOI: 10.1371/journal.pone.0106698
- Marghetis, T., i Nunez, R. (2013). The motion behind the symbols: a vital role for dynamism in the conceptualization of limits and continuity in expert mathematics. *Topics in cognitive science*, 5(2), 299-316. DOI: 10.1111/tops.12013
- Nieder, A. (2005). Counting on neurons: the neurobiology of numerical competence. *Nature Reviews Neuroscience*, 6. 177-190. DOI: 10.1038/nrn1626
- Noel, M.-P. (2005). Finger gnosis: a predictor of numerical abilities in children?. *Child Neuropsychology*, 11(5). 413-430. DOI: 10.1080/09297040590951550
- Penner-Wilger, M., Fast, L., LeFevre, J.A., Smith-Chant, B.L., Skwarchuk, S., Kamawar, D. i Bisanz, J. (2007). The foundations of numeracy: subitizing, finger gnosis, and fine-motor ability. *Proceedings of the 29th Annual Cognitive Science Society*. Austin, TX: Cognitive Science Society. 1385-1390
- Przybyła, T., Basińska, A. i Klichowski, M. (2014). Smartphones and children's mathematics. W: H. Krauze-Sikorska, M. Klichowski i A. Basińska (red.), *Children in the postmodern world. Culture – media – social inequality* (11-20). Poznań: Wydawnictwo Naukowe UAM
- Przybylski, Ł., i Króliczak, G. (2017). Planning functional grasps of simple tools invokes the hand-independent praxis representation network: an fMRI study. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 23(2), 108-120. DOI: 10.1017/S1355617716001120



- Riemer, M., Diersch, N., Bublatzky, F. i Wolbers, T. (2016). Space, time, and numbers in the right posterior parietal cortex: differences between response code associations and congruency effects. *NeuroImage*, 129. 72-79. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2016.01.030
- Sato, M., Cattaneo, L., Rizzolatti, G. i Gallese, V. (2007). Numbers within our hands: modulation of corticospinal excitability of hand muscles during numerical judgment. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19(4). 684-693. DOI: 10.1162/jocn.2007.19.4.684