

PROKALKULIA 6-9

Test oceny behawioralnych wskaźników
umysłowych reprezentacji liczb i ryzyka
dyskalkulii

Małgorzata Gut

Łukasz Goraczewski

Jacek Matulewski



game_lab



neuroodio

Autorzy:

Dr Małgorzata Gut, Katedra Psychologii, Wydział Humanistyczny Uniwersytetu Mikołaja Kopernika (UMK) w Toruniu oraz Laboratorium Neurokognitywne, Interdyscyplinarne Centrum Nowoczesnych Technologii UMK

Łukasz Goraczewski, Laboratorium Neurokognitywne, Interdyscyplinarne Centrum Nowoczesnych Technologii UMK

Dr hab. Jacek Matulewski, Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej UMK w Toruniu oraz Laboratorium Neurokognitywne, Interdyscyplinarne Centrum Nowoczesnych Technologii UMK

© Copyright by Pomorskie Centrum Diagnozy, Terapii i Edukacji Matematycznej Promathematica

Wydanie pierwsze

ISBN 978-83-931708-1-4

Wydawca:

Pomorskie Centrum Diagnozy, Terapii i Edukacji Matematycznej Promathematica

83-010 Rotmanka ul. Malinowa 9

tel. 58 6820118

biuro@promathematica.pl

www.promathematica.pl

<https://www.facebook.com/promathematica>

Wprowadzenie

Niniejszy podręcznik prezentuje test *Prokalkulia 6-9*, komputerowe narzędzie do oceny podstawowych umiejętności matematycznych, umożliwiające bardzo precyzyjny i obiektywny pomiar behawioralnych wskaźników procesów mózgowych, kluczowych dla rozwoju umysłowych reprezentacji liczb i tzw. zmysłu numerycznego (ang. *number sense*). Jest to pierwsze tego typu narzędzie w Polsce, a jego konstrukcja została oparta na opisie podobnych metod stosowanych na świecie oraz na przeglądzie obszernej literatury naukowej dotyczącej rozwoju kompetencji matematycznych u dzieci, jak również dotyczącej badania przetwarzania materiału liczbowego przez dzieci w okresie przedszkolnym i wczesnoszkolnym. Tym samym, w niniejszym podręczniku opisano teoretyczne podstawy narzędzia, wyjaśniające konieczność zastosowania zadań, które ostatecznie weszły w skład testu, jak również liczby powtórzeń bodźców w zadaniach.

Prokalkulia 6-9 umożliwia ocenę mocnych i słabych stron dziecka w zakresie przetwarzania 3 rodzajów umysłowych reprezentacji liczb (zob. dalej), a przez to identyfikację ewentualnych problemów, które wyniki testu mogą sygnalizować (w tym ryzyka dyskalkulii).

Narzędzie może być istotnym i wartościowym elementem procesu diagnozy operowania materiałem numerycznym i prawidłowości (lub nieprawidłowości) w rozwoju umiejętności matematycznych, a wynik badania może być pomocny także w sugestii dalszej pracy z dzieckiem – np. proponowaniu metod edukacyjnych czy terapeutycznych. Profil wyniku może bowiem wskazać, na których obszarach przetwarzania poznawczych reprezentacji liczb powinna być szczególnie skoncentrowana praca terapeuty, nauczyciela czy rodzica.

Kształtowanie się zmysłu numerycznego i umysłowych reprezentacji liczb w rozwoju dziecka

Umiejętności matematyczne i ich przejawy, obserwowane lub mierzone u poszczególnych osób, nie są wyłącznie rezultatem procesu edukacji, treningu czy codziennych doświadczeń z materiałem liczbowym. Opierając się na wynikach badań można nawet stwierdzić, że wpływ czynników środowiskowych i procesu uczenia się jest konieczny, lecz niewystarczający w nabywaniu kompetencji matematycznych. Umiejętności tych nie można się wyłącznie wyuczyć, ponieważ nie jest możliwy ich prawidłowy rozwój bez właściwie ukształtowanej biologicznej bazy stanowiącej podwaliny procesów składających się na operowanie umysłowymi reprezentacjami liczb. Obecnie nikt nie zaprzecza znaczeniu takich czynników, jak właściwa edukacja, trening, warunki rozwoju czy status socjoekonomiczny. Jednakże czynniki biologiczne i wrodzony potencjał są punktem wyjścia do kształtowania się kompetencji matematycznych, swoistą bazą, na którą nakłada się oddziaływanie środowiska.

Pierwsze przejawy kompetencji matematycznych można (w dobrze zaprojektowanych badaniach) zaobserwować już u kilkumiesięcznych niemowląt (Feigenson, Dehaene, Spelke, 2004; Patro i in., 2014), którym daleko jest jeszcze do pierwszych doświadczeń związanych z edukacją przedszkolną i szkolną. Fakt ten potwierdza rolę determinantów biologicznych w kształtowaniu się umiejętności w zakresie przetwarzania liczb. Michael von Aster i Ruth Shalev (2007) opisują przebieg rozwoju umiejętności matematycznych, wskazując na kolejne typy umysłowych reprezentacji liczb, które stanowią podstawę omawianych umiejętności w kolejnych etapach rozwoju, ich neuronalną bazę oraz zestaw określonych umiejętności, będących przejawem istnienia tych reprezentacji poznawczych. Pierwszym typem umysłowych reprezentacji liczb jest reprezentacja analogowa, związana z przetwarzaniem liczebności zbiorów. Przetwarzanie to dotyczy już kilkumiesięcznych niemowląt i jest umiejętnością wrodzoną, obserwowaną zresztą nie tylko u ludzi, ale nawet u niektórych gatunków zwierząt (Feigenson i in., 2004). Umiejętności, które są przejawem istnienia tej pierwszej w rozwoju reprezentacji umysłowej liczb (określanej rdzennym, bazowym systemem wielkości numerycznej, z ang. *core system of number*) to zdolność do odróżniania zbiorów różniących się liczebnością w oparciu o tzw. *subitizing* (szybkie określanie liczebności małych zbiorów bez przeliczania) oraz szacowanie, gdy zbiory są liczniejsze. Kilkumiesięczne niemowlęta preferują liczniejsze zbiory atrakcyjnych dla nich obiektów oraz wykazują w swoim zachowaniu (czy w behawioralnych wskaźnikach pomiaru procesów uwagi i percepcji) dostrzeganie różnicy między zbiorami o różnej liczebności czy sekwencji bodźców różniących się ich liczbą. Można też u nich zaobserwować, że poprawnie przetwarzają operację i rezultaty dodawania czy ujmowania jednego elementu ze zbioru (Butterworth, 2005), a nawet, że mają poprawne oczekiwania dotyczące wyników bardziej złożonych działań (Feigenson i in., 2004). Kształtowanie się analogowej reprezentacji jest

odzwierciedleniem istnienia tzw. zmysłu numerycznego (inaczej nazywanego poczuciem liczby, ang. number sense, Dehaene, 2011), którego neuronalne podstawy stanowią obszary kory ciemieniowej obu półkul (Dehaene i in., 2003).

Drugim typem umysłowej reprezentacji liczb jest reprezentacja werbalna (von Aster i Shalev, 2007). W wieku ok. 2 lat, przed rozpoczęciem edukacji przedszkolnej, dzieci poznają i zaczynają używać pierwszych liczebników (Butterworth, 2005) oraz zaczynają rozumieć, że liczebniki są słowami powiązаны z liczebnością elementów zbioru (liczebnik ma to samo znaczenie, co reprezentująca go liczba elementów). Co więcej, dzieci w tym wieku powinny już opanować regułę jeden-do-jednego gdy są proszone o podzielenie cukierków tak, aby każda osoba dostała po jednym. Zaczynają też wtedy rozumieć, że jeśli każdej osobie przyporządkowano po jednym cukierku i nie został ani jeden bez „przydziału”, to znaczy, że liczba cukierków jest taka sama jak liczba obdarowanych nimi osób (równoliczność zbiorów). Obserwowanym w tym wieku oraz w okresie przedszkolnym przejawem prawidłowego rozwoju słownej reprezentacji liczb (zob. Butterworth, 2005; von Aster i Shalev, 2007) są umiejętności słownego odliczania, ponieważ dzieci używają liczebników przy przeliczaniu małych zbiorów obiektów. Inną umiejętnością właściwą dla etapu edukacji przedszkolnej jest wydobywanie prostych faktów arytmetycznych, dotyczących małych liczb i opanowywanie skutecznych strategii liczenia (von Aster i Shalev, 2007). Łatwo zauważyć, że umiejętności te oraz typ umysłowej reprezentacji liczb, który jest ich podstawą są ściśle powiązane ze zdolnościami językowymi i rozwojem funkcji związanych z językiem. Nie dziwi więc fakt, że obszarami kluczowymi dla właściwego rozwoju tych umiejętności są struktury czołowe (Dehaene i in., 2003), przede wszystkim w lewej półkuli mózgu, która dominuje w zakresie operowania materiałem werbalnym. Oprócz sprawnego posługiwania się liczebnikami i transferowania jednej reprezentacji liczb na drugą (werbalnej na analogową i odwrotnie, co jest efektem rozwoju funkcjonalnych połączeń w obrębie sieci czołowo-ciemieniowej), dzieci ok. 4 roku życia zaczynają też spontanicznie używać palców, jako obiektów do przeliczania (Butterworth, 2005). W tym okresie jest to strategia skuteczna i pomocna w wykonywaniu obliczeń na małych liczbach, natomiast w okresie szkolnym, gdy dziecko operuje coraz większymi liczbami i część operacji musi przechowywać w pamięci, posłkowanie się liczeniem na palcach jest strategią niedojrzałą i skutkuje coraz licznymi błędami. Na tym etapie rozwoju powinna być już opanowana zasada kardynalności – dziecko po przeliczeniu elementów zbioru wie, że liczebnik przyporządkowany do ostatniego z przeliczanych obiektów oznacza liczebność całego zbioru. Osoba wykazująca deficyt w tym zakresie, po przeliczeniu elementów, pytanie „ile ich jest?” zrozumie jako prośbę o ponowne przeliczenie. Dzieci 5-letnie potrafią już dodawać do siebie małe zbiory elementów bez konieczności przeliczania oraz stosują strategię rozpoczynania dodawania od większego zbioru (Butterworth, 2005).

Typem umysłowej reprezentacji liczby, która kształtuje się jako kolejna po werbalnej, jest reprezentacja wzrokowa związana z operowaniem symbolami – liczbami w formie cyfr arabskich (von Aster i Shalev, 2007). Dziecko poznaje pierwsze cyfry w okresie przedszkolnym, natomiast rozpoczynając naukę w szkole opiera się w coraz większym stopniu na tego rodzaju materiale symbolicznym, co jest konieczne, aby nabyło umiejętności obliczeń w formie pisemnej i odczytywania zadań zapisywanych w postaci symbolicznej. Jest to wynikiem kształtowania się neuronalnych połączeń warunkujących sprawny transfer pomiędzy wszystkimi trzema reprezentacjami liczby (analogową, werbalną i wzrokowo-symboliczną), a obszarem istotnym z punktu widzenia operowania cyframi arabskimi jest kora wzrokowa, obejmująca regiony kory potylicznej i skroniowej (Dehaene i in., 2003). W tym okresie rozwoju dzieci przyswajają też coraz bardziej złożone fakty arytmetyczne i poprawnie wydobywają je z zasobów pamięci długotrwałej, rozumieją przemienność dodawania, stałość liczby i poprawnie liczą w zakresie nawet do 80 (Butterworth, 2005). W procesie rozwoju wraz z kształtowaniem się kolejnych reprezentacji wzrasta pojemność pamięci roboczej, co jest istotne z punktu widzenia dokonywania coraz bardziej złożonych obliczeń i przechowywania wyników operacji pośrednich.

Równolegle w okresie wczesnoszkolnym kształtuje się czwarty rodzaj umysłowej reprezentacji liczb – reprezentacja przestrzenna. Jej podwaliny kształtują się znacznie wcześniej, czego dowodem są wyniki badań wskazujące na jej istnienie u dzieci 3- i 4-letnich (Patro i Haman, 2012; Patro i in., 2014). Umiejętności arytmetyczne, porządkowanie liczb, wykonywanie zadań na szybkie określenie przybliżonego wyniku czy szacowanie środka przedziału liczbowego to umiejętności będące u dzieci odzwierciedleniem istnienia przestrzennego charakteru umysłowej reprezentacji informacji numerycznej (von Aster i Shalev, 2007). Obszarem kluczowym z punktu widzenia kształtowania się przestrzennej reprezentacji informacji numerycznej jest kora ciemieniowa (Hubbard i in., 2005). Ponieważ badanie wskaźników przestrzennej reprezentacji liczb jest jednym z kluczowych elementów testu *Prokalkulia 6-9*, zostanie ona szerzej omówiona w jednym z kolejnych rozdziałów (zob. **Mentalna oś liczbowa**).

Neuronalne podstawy zmysłu numerycznego i umiejętności matematycznych

Wyraźnym dowodem wskazującym na biologiczne uwarunkowania rozwoju kompetencji matematycznych są dane z badań nad neurobiologicznymi korelatami tych umiejętności, o których wspomniano powyżej. Zastosowanie metod obrazowania struktury i funkcji mózgu pozwoliło na lokalizowanie struktur i połączeń neuronalnych kluczowych dla nabywania i rozwoju wspomnianych zdolności. Wyniki badań wskazują na istotną w tym zakresie rolę obszarów w obrębie kory

ciemieniowej i czołowej (Hubbard i in., 2005). Neuronalne sieci czołowo-ciemieniowe są kluczowe dla operowania umysłowymi reprezentacjami liczb i uaktywniają się podczas rozpoznawania liczebności oraz przetwarzania zależności numeryczno-przestrzennych (Dehaene i in., 2003). Obszary te wykazują się podwyższoną aktywnością podczas takich zadań jak liczenie (Simon i in., 2002), szacowanie liczebności zbiorów (Castelli i in., 2006), przetwarzanie liczb wyrażonych w symbolicznych formatach: w postaci cyfr arabskich i liczebników (Ansari, 2008) oraz porównywanie dwóch liczb czyli określanie zależności mniejsze-większe (Dehaene i in., 2003).

Obszarem kory mózgowej o szczególnej roli w tym zakresie jest horyzontalna część tzw. bruzdy śródciemieniowej (ang. *IntraParietal Sulcus*, IPS), oddzielającej górną i dolną część płata ciemieniowego w obu półkulach (Hubbard i in., 2005). Region ten jest podstawą rozwinięcia elementarnych umiejętności matematycznych, więc odgrywa istotną rolę szczególnie w przypadku prostych i podstawowych operacji, np. detekcji liczb prezentowanych w różnych formatach (cyfry, słowa, zbiory kropek) i za pomocą różnych modalności: wzrokowej lub słuchowej (Eger i in., 2003) czy porównywanie liczb, niezależnie od ich formatu (Cao i in., 2010).

Z kolei nieco bardziej ku tyłowi i wyżej niż IPS znajduje się obszar powiązany z odliczaniem oraz z uwagą przestrzenną (Dehaene i in., 2003). Istotnym obszarem jest też zakręt kątowy w lewej półkuli (Simon i in., 2002). Badania wykazały jego aktywność podczas operacji liczenia, ale jego rola zaznacza się szczególnie w przypadku wspomnianych powyżej umiejętności matematycznych zależnych od języka (znajomości liczebników, zadania z treścią, nauka procedur matematycznych i terminologii, nauka tabliczki mnożenia), jak również w przypadku wydobywania z pamięci faktów arytmetycznych. Badania nad skutkami uszkodzeń tych struktur potwierdziły ich rolę w zakresie przetwarzania liczb (Dehaene, Dehaene-Lambertz, Cohen, 1998). Co więcej, pacjenci tacy wykazują nie tylko zaburzone przetwarzanie liczb, ale także przestrzeni (Fias i Fischer, 2005), co przejawia się z jednej strony deficytem w zakresie operowania materiałem numerycznym, zaś z drugiej – w zakresie manipulacji wzrokowo-przestrzennych. Ponadto, u pacjentów z zespołem jednostronnego pomijania obserwuje się jednocześnie problemy w wykonywaniu zadań ze wskazywaniem środka przedziału liczbowego (Zorzi, Priftis, Umiltà, 2002). Z kolei kiedy u zdrowych ochotników czasowo i odwracalnie (np. przy użyciu tzw. przezczaszkowej stymulacji magnetycznej) zakłóci się funkcjonowanie zakrętu kąowego, osoby takie mają problem z porównywaniem liczb oraz jednocześnie z przetwarzaniem wzrokowo-przestrzennym (Göbel i in., 2006), zaś stymulacja taka wykonana nad IPS wywołuje zaburzone szacowanie liczebności (Capeletti, Muggleton, Walsh, 2009).

Mentalna oś liczbowa

Opisane wyżej wyniki badań wyraźnie wskazują na ścisłe powiązanie w umyśle między liczbami i przestrzenią: liczby w umyśle charakteryzuje przestrzenna organizacja na tzw. Mentalnej Osi Liczbowej (ang. Mental Number Line, MNL), na której liczby o niskiej wartości liczbowej ulokowane są z lewej strony osi, zaś te o wyższej wartości – z prawej (Fias i Fischer, 2005), choć kierunek osi i jej organizacja zależna jest od kultury, w której funkcjonujemy, a więc np. od kierunku pisma i czytania (Shaki, Fischer, Petrusic, 2009). Zależności między liczbami i przestrzenią zostały również zaobserwowane w licznych badaniach nie tylko u dzieci rozpoczynających naukę w szkole podstawowej (van Galen i Reitsma, 2008), ale też u dzieci w wielu przedszkolnym (Patro i Haman, 2012), a nawet u niemowląt (de Hevia i Spelke, 2010). Potwierdza to udział czynników biologicznych w kształtowaniu tej zależności oraz kompetencji poznawczych, których jest podstawą.

Niektóre behawioralne efekty obserwowane w badaniach z pomiarem czasu i poprawności reakcji na liczby są bardzo wyraźną ilustracją istnienia zależności numeryczno-przestrzennych i MNL. Jednym z nich jest efekt dystansu, który przejawia się tym, że znacznie łatwiej i szybciej porównujemy dwie liczby, gdy wyraźnie różnią się od siebie wartością (odległość między nimi na MNL jest większa) niż wtedy, gdy ich wartości liczbowe są zbliżone (Moyer i Landauer, 1967). Efekt taki jest widoczny już u 6-letnich dzieci podczas wykonywania zadań z porównywaniem liczb w formacie arabskim (Duncan i McFarland, 1980). Czym innym jest efekt wielkości, który polega na tym, że wolniej porównujemy liczby o wysokich wartościach, niż te o wartościach niskich, jak również szybciej reagujemy w ogóle na numerycznie małe liczby, czyli w zasadzie jednocyfrowe (Buckley i Gillman, 1974). Dyskusyjną kwestią pozostaje to, czy jest to skutek praktyk edukacyjnych (np. rozpoczynania nauki oceny parzystości od małych liczb) lub generalnie częstszych codziennych doświadczeń z liczbami jednocyfrowymi, ponieważ niektórzy badacze wskazują, że w życiu codziennym częściej obcujemy z dużymi liczbami (Nuerk i in., 2011). Wykazano też, że efekt dystansu jest szczególnie wyraźny (nasila się) w przypadku małych liczb i, że w przypadku takiego samego dystansu między liczbami reakcja będzie szybsza, gdy mamy do czynienia z niskimi wartościami (Moyer i Landauer, 1967).

Trzecim dowodem istnienia zależności między przestrzenią i liczbami jest tzw. efekt SNARC (ang. Spatial-Numerical Association of Response Codes), który manifestuje się tym, że szybciej reagujemy lewą niż prawą ręką na małe (numerycznie) liczby, zaś na duże – szybciej reagujemy prawą niż lewą ręką (Dehaene, Bossini, Giraux, 1993). Wiadomo też, że w pewnym zakresie szybciej i z mniejszą liczbą błędnych odpowiedzi przypominamy sobie cyfry i ich przestrzenne umiejscowienie, które musimy przechować w pamięci krótkotrwałej, jeśli ich przestrzenna lokalizacja jest zgodna z tą obecną na MNL (Gut i Staniszewski, 2016). Wszystko to jest odzwierciedleniem wspomnianego powyżej rozmieszczenia mentalnych reprezentacji liczb na MNL (Dehaene, 1992), ponieważ reakcja

jest szybsza w przypadku, gdy strona odpowiedzi jest zgodna ze stroną lokalizacji tej liczby na osi i wolniejsza, gdy takiej zgodności nie ma (np. na numerycznie większą liczbę mamy, zgodnie z instrukcją do zadania, zareagować ręką lewą). Efekt SNARC uzyskano w przypadku bardzo różnorodnych zadań z przetwarzaniem liczb, a widoczny jest zarówno wtedy, gdy wartość liczbowa jest świadomie przetwarzana (np. podczas porównywania dwóch liczb), jak i podczas oceny cech liczb niezwiązanych z ich wartością liczbową. Efekt ten jest niezależny od formatu prezentowanych liczb oraz typu zadania (Fias i Fischer, 2005). Ponadto, prezentacja liczby, nawet jeśli nie ma nic wspólnego z wykonaniem zadania, mimowolnie przesuwa uwagę w stronę zgodną z lokalizacją liczby na MNL (Fischer i in., 2003). Jest to dowód na to, że prezentacja liczby, poprzez aktywację dostępu do jej reprezentacji na MNL, przesuwa ognisko uwagi, co tylko dodatkowo potwierdza istnienie ścisłego powiązania między przetwarzaniem wartości liczbowych i informacji wzrokowo-przestrzennych.

Biorąc pod uwagę znaczenie prawidłowego kształtowania się mentalnej osi liczbowej i przestrzennych reprezentacji liczb w rozwoju umiejętności matematycznych, nie zaskakuje efektywność np. komputerowych treningów poznawczych stosowanych w edukacji matematycznej czy terapii deficytów w zakresie tych umiejętności (Kucian i in., 2011; Gut, 2016), szczególnie tych angażujących procesy motoryczne, np. ruchy całego ciała (Link i in., 2013). Matematyczne gry komputerowe, bazujące na przestrzennej organizacji liczb, usprawniają nie tylko porównywanie liczb w różnych formatach i wykonywanie działań arytmetycznych, ale też szacowanie lokalizacji liczb na osi bez podziałki (np. Wilson i in., 2009; Kucian i in., 2011), co koresponduje ze zmianami we wzorcu aktywacji mózgu u dyskalkulików poddanych tego rodzaju treningom poznawczym.

Przyczyny deficytów w zakresie umiejętności matematycznych

Prawidłowy rozwój przestrzennych reprezentacji wartości liczbowych (czyli MNL) jest niezwykle istotny z tego względu, że są one u dzieci jednym z predyktorów ich przyszłych umiejętności w zakresie matematyki (Dehaene i in., 2003). Tak więc reprezentacja MNL kształtująca się w dzieciństwie jest podstawą w procesie nabywania kompetencji matematycznych (Gilmore, McCarthy, Spelke, 2007). Im większy efekt dystansu numerycznego, tym słabsze osiągnięcia szkolne w zadaniach arytmetycznych. Niektórzy autorzy (Lonnemann i in., 2008) wskazują też na związek między efektem SNARC i poziomem umiejętności matematycznych u dzieci w 7 i 8 roku życia.

Problemy w zakresie operowania materiałem liczbowym nawet na bardzo podstawowym poziomie, niedojrzałe i nieskuteczne strategie w wykonywaniu zadań na liczbach to symptomy deficytu nazywanego dyskalkulią rozwojową. Definiuje się ją jako specyficzny deficyt zaburzający przetwarzanie liczb i informacji arytmetycznej przy jednoczesnym normalnym poziomie inteligencji

(Landerl, Bevan, Butterworth, 2004). Dotyka kilku procent (3-10 %) populacji (np. Shalev, 2007), choć może być ich więcej ze względu na problemy związane z niewłaściwą diagnozą tego zaburzenia lub zaniechaniem jej z uwagi na inne zdolności rekompensujące problemy w zakresie matematyki.

Dzieci dyskalkuliczne, w porównaniu z ich prawidłowo rozwijającymi się rówieśnikami, popełniają więcej błędów w zadaniach z przeliczaniem, wykazują problemy w stosowaniu procedur arytmetycznych i strategii nawet w wieku kilkunastu lat (Geary i in., 2004), w wydobywaniu podstawowych faktów arytmetycznych (Geary, 1993). Charakteryzuje je również atypowy efekt dystansu, niezależnie od formatu liczby (Mussolin, Mejias, Noël, 2010) oraz brak efektu SNARC (Bachot i in., 2005). W dyskalkulii charakterystyczne jest także nieprawidłowe operowanie osią liczbową, czyli przestrzennymi reprezentacjami liczb, np. mniejszą, niż u zdrowych rówieśników, dokładność w określaniu pozycji cyfr na osi liczbowej (Geary i in., 2008).

Wymienione powyżej wyniki badań wskazują na zaburzony rozwój i orientację przestrzenną mentalnej reprezentacji osi liczbowej u osób z dyskalkulią, choć problem dotyczy również deficytu w przetwarzaniu symbolicznego formatu liczb. Niektórzy badacze (np. Rousselle i Noël, 2007) dowodzą, że dyskalkulicy są wolniejsi niż ich zdrowi rówieśnicy w porównywaniu wartości cyfr arabskich, ale nie w przypadku porównywania liczebności zbiorów. Problem dyskalkulików jest związany z przetwarzaniem symbolicznych formatów liczb na ich reprezentacje na MNL. Uważa się, że liczby nie mają dla nich takiego samego znaczenia jak dla osób nie wykazujących tego deficytu (Butterworth, Varma, Laurillard, 2011), a zaburzone umysłowe reprezentacje liczb i głębokość tego deficytu są predyktorami późniejszej sprawności w operowaniu symbolicznymi formatami liczb (Piazza i in., 2010).

Jakie są przyczyny dyskalkulii na poziomie organizacji mózgu? Opisane powyżej charakterystyki korelują z zaburzeniami o charakterze neuronalnym w obszarach odpowiedzialnych za kształtowanie MNL (Kucian i in., 2006; Mussolin, Mejias, Noël, 2010). Neuroobrazowanie struktury mózgu ujawniło u dyskalkulików, w porównaniu ze zdrową grupą kontrolną, nietypową głębokość IPS (Molko i in., 2003), mniejszą ilość substancji szarej w tym obszarze (Isaacs i in., 2001; Rotzer i in., 2008; Rykhlevskaia i in., 2009), anatomiczne deficyty w obszarach wzrokowych wyższego rzędu i redukcję objętości istoty białej w częściach płatów ciemieniowych, skroniowych i czołowych (Ranpura i in., 2013). Badania nad połączeniami funkcjonalnymi między obszarami kory ciemieniowej zaangażowanymi w przetwarzanie liczb oraz między korą ciemieniową i siecią potyliczno-skroniową odpowiedzialną za przetwarzanie liczb w postaci symboli arabskich, wykazały nieprawidłowo rozwiniętą koordynację między tymi strukturami u dzieci dyskalkulicznych (Rykhlevskaia i in., 2009). W badaniach Kucian i współpracowników (2006), rejestrując aktywację mózgu podczas wykonywania obliczeń w przybliżeniu, stwierdzono, że w grupie dyskalkulików i kontrolnej aktywowały się te same obszary, jednak aktywacja u dzieci z dyskalkulią była słabsza, a największe różnice dotyczyły lewej IPS.

Również w badaniach Molko i współpracowników (2003) obserwowano u dyskalkulików zredukowaną aktywację sieci ciemieniowo-przedczołowej, szczególnie wskutek porównywania liczebności zbiorów, porównywania liczb w postaci symboli arabskich i wykonywania zadań arytmetycznych. W badaniach Dinkela i współpracowników (2013) stwierdzono z kolei, że podczas porównywania wartości liczb prezentowanych w formacie niesymbolicznym widoczne są jedynie nieznaczne różnice między dyskalkulikami i typowo rozwijającymi się dziećmi we wzorcu aktywacji zakrętu kąтового w obu półkulach i w lewej bruździe ciemieniowo-potylicznej. Jednakże dodatkowe analizy wykazały różnice w obszarach przetwarzania wzrokowego i autorzy sugerują, że być może mózg dziecka z dyskalkulią rekompensuje względnie niską aktywację w pierwszorzędowej korze wzrokowej poprzez zwiększenie aktywacji w obszarach wzrokowych wyższego rzędu. Sugerują też, że deficyty w dostępie do reprezentacji liczb w korze wzrokowej i płacie ciemieniowym, kompensowane przez wykonywanie obliczeń na palcach, odzwierciedlone są w pobudzeniu kory ruchowej (motorycznej reprezentacji palców), czego nie stwierdza się u prawidłowo rozwijających się rówieśników.

Ogólne założenia dotyczące konstrukcji zadań testowych i ich odniesienie do neuronalnych korelatów przetwarzania informacji numerycznej

Test *Prokalkulia 6-9* został skonstruowany w interdyscyplinarnym zespole badawczym (Pracowni Gier Terapeutycznych i Badania Procesów Poznawczych GameLab), pracującym w Laboratorium Neurokognitywnym Interdyscyplinarnego Centrum Nowoczesnych Technologii (ICNT) przy Uniwersytecie Mikołaja Kopernika w Toruniu. Prace nad konstrukcją narzędzia i badania z jego użyciem były koordynowane przez specjalistów z zakresu psychologii poznawczej, neuropsychologii, kognitywistyki i informatyki. Autorami testu są:

Dr Małgorzata Gut, kierownik projektów dotyczących badania neuronalnych i behawioralnych korelatów umiejętności matematycznych oraz deficytów w ich zakresie w Laboratorium Neurokognitywnym ICNT UMK, adiunkt w Katedrze Psychologii na Wydziale Humanistycznym UMK, specjalistka w obszarze psychologii poznawczej i psychofizjologii;

Łukasz Goraczewski, kognitywista i gamedesigner, specjalista w zakresie projektowania bodźców eksperymentalnych i ich logiki, pracownik dydaktyczny Wydziału Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej UMK, autor gier edukacyjno-terapeutycznych, m.in. gry „Kalkulilo” utrwalającej umysłową reprezentację osi liczbowej.

Dr hab. Jacek Matulewski, kierownik Pracowni Gier Terapeutycznych i Badania Procesów Poznawczych GameLab w ICNT UMK, programista, adiunkt w Instytucie Fizyki na Wydziale Fizyki,

Astronomii i Informatyki Stosowanej UMK, autor wielu podręczników dotyczących programowania obiektowego.

Konstrukcja narzędzia opiera się na wiedzy uzyskanej z przeglądu literatury naukowej, czyli opisie zarówno zadań i bodźców stosowanych w badaniach z udziałem dzieci, jak i opisie etapów rozwoju umiejętności matematycznych i poszczególnych umysłowych reprezentacji liczb niezbędnych do operowania materiałem numerycznym. Bodźce użyte w zadaniach testowych musiały spełniać standardy dotyczące metodologii badań nad przetwarzaniem informacji numerycznej i operowaniem umysłową reprezentacją osi liczbowej. Ponadto, wzorowano się również na konstrukcji podobnych narzędzi diagnostycznych czy przesiewowych opisanych w literaturze (np. Butterworth, 2003; Cängoz i in., 2013). Narzędzie ewoluowało w trakcie przeszło dwuletniego procesu tworzenia i testowania, podczas którego część z przygotowanych zadań wyeliminowano i nie znalazły się w ostatecznej wersji testu.

Istotne było to, aby zadania pozwalały mierzyć w precyzyjny i obiektywny sposób procesy, będące podstawą umiejętności matematycznych, odwołujące się do istnienia zmysłu numerycznego (poczucia liczby) i neuronalnej bazy poszczególnych typów reprezentacji poznawczych liczb. Oznacza to, że musiały być bardzo proste, a ich konstrukcja i sposób wykonania (wymagania stawiane dziecku w instrukcji) pozwalały na ominięcie następujących problemów:

- wpływ innych deficytów poznawczych, niebędących dyskalkulią, które mogą (w przypadku innych narzędzi) rzutować na wykonanie innych, bardziej złożonych zadań, a przez to – zniekształcić profil wyniku. Zadania w *Prokalkulii 6-9* nie wymagają bowiem ani przetwarzania znacznej ilości informacji w pamięci roboczej, ani dokonywania żadnych złożonych obliczeń arytmetycznych, zadań z treścią, czy wydobywania faktów arytmetycznych. Nie odwołują się do wiedzy z zakresu matematyki, a raczej bazują na bardzo podstawowych umiejętnościach, m.in. na działaniu zmysłu numerycznego i wrodzonej umiejętności szacowania. Zadania z porównywaniem liczb są wykonywane na liczbach z zakresu 1-9. Celem doboru tak prostych zadań było ominięcie problemu wpływu dodatkowych deficytów (np. językowych), które mogą powodować, że dziecko nie wykona części zadań, ale nie z powodu dyskalkulii, lecz z powodu innych zaburzeń utrudniających np. zrozumienie instrukcji, przetworzenie operacji arytmetycznej w pamięci czy poprawne wydobycie faktów arytmetycznych. Ryzyko dyskalkulii mogłoby w takiej sytuacji być określone niesłusznie;
- odniesienie zadań do podstawy programowej i zmian w jej zakresie, jak również różnic w realizacji programu nauczania w pierwszych klasach szkoły podstawowej. W przypadku zadań zastosowanych w *Prokalkulii 6-9* nie ma znaczenia, czy badane dziecko miało już wprowadzone na lekcjach pojęcie osi liczbowej, czy zna znaki relacji (większości/mniejszości) oraz czy uczyło się już liczyć do 20 czy do 80. Test *Prokalkulia 6-9* nie mierzy poziomu takich

umiejętności, a raczej umiejętności bazowe, niezależne od wspomnianych standardów w procesie edukacji. Są to umiejętności i zadania, o których wiadomo z literatury, że pozwalają różnicować dzieci z problemem w zakresie operowania materiałem numerycznym i dzieci prawidłowo rozwijające się.

Zadania zastosowane w tym narzędziu pozwalają na pomiar behawioralnych korelatów trzech mentalnych reprezentacji liczb i funkcjonowania ich neuronalnych podstaw (lub deficytu w ich funkcjonowaniu, w przypadku ryzyka dyskalkulii):

- Reprezentacji analogowej (liczebności), która jest podstawą rozwoju umiejętności szacowania i szybkiego określania liczebności małych zbiorów, a której neuronalna podstawa mieści się w obrębie bruzdy śródcieniowej (zob. wyżej);
- Reprezentacji wzrokowej (symbole arabskie), której kształtowanie zapewniają prawidłowo rozwijające się potyliczne i skroniowe pola wzrokowe;
- Reprezentacji przestrzennej, będącej podstawą kształtowania się w rozwoju mentalnej osi liczbowej i przestrzennego uporządkowania liczb, umożliwiającego naukę arytmetyki, której neuronalna baza mieści się w obrębie bruzdy śródcieniowej. Zadania z szacowaniem miejsca liczb na osi liczbowej odwołują się właśnie do istnienia tej reprezentacji.

Zalety narzędzia

Poza wspomnianą powyżej prostotą zadań i instrukcji (a więc poznawczych wymagań testu) oraz możliwością pomiaru behawioralnych wskaźników rozwoju i funkcjonowania umysłowych reprezentacji liczb, *Prokalkulia 6-9* jest także narzędziem o wielu zaletach stanowiących o jego przewadze nad narzędziami typu papier-ołówek:

- Pozwala na bardzo precyzyjny i obiektywny pomiar wskaźników behawioralnych stanowiących manifestację badanych procesów. Czas reakcji jest mierzony w milisekundach, czego nie zapewnia pomiar z użyciem żadnego tradycyjnego testu typu papier-ołówek. Pozwala to nie tylko na dużą precyzję pomiaru, ale również na uniknięcie wpływu osoby prowadzącej badanie. Program komputerowy za każdym razem dokonuje pomiaru czasu udzielenia odpowiedzi tak samo i zawsze z taką samą dokładnością;
- Poza pomiarem czasu odpowiedzi, program oblicza procent poprawnych reakcji, a w przypadku zadań z szacowaniem miejsca bardzo precyzyjnie dokonuje pomiaru wielkości błędu takiego szacowania oraz jego kierunku (przeszacowania lub niedoszacowania miejsca liczby na osi);

- Obliczania wartości poszczególnych wskaźników i ich statystyk dla poszczególnych zadań (mediana czasu reakcji, średniego procentu poprawnych odpowiedzi i średniej wielkości błędu szacowania miejsca na osi) dokonuje program, co po pierwsze, pozwala badającemu zaoszczędzić czas konieczny do obliczenia wyników, z którym ma do czynienia w przypadku testu tradycyjnego, a po drugie – uniknąć ewentualnych błędów w ich obliczaniu;

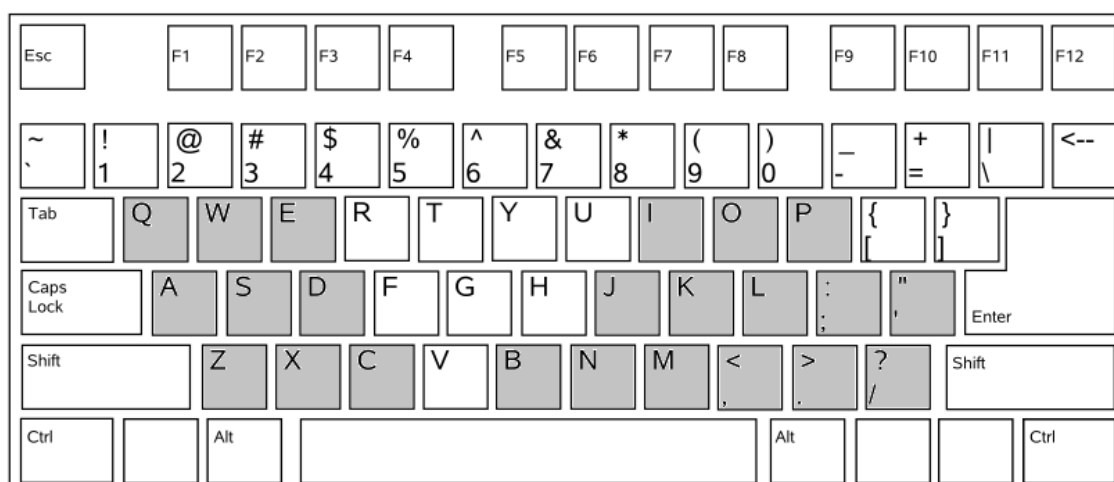
Wszystkie wymienione wyżej zalety powodują redukcję ryzyka ewentualnej nadinterpretacji czy zbyt subiektywnej oceny wykonania danego zadania;

- Ważną zaletą narzędzia komputerowego jest też czas wykonania całego testu, który w przypadku *Prokalkulii 6-9* wynosi średnio 35 minut. Czas ten jest rezultatem takiej konstrukcji programu, który wyświetla poszczególne bodźce w zadaniach, na które dziecko odpowiada poprzez naciśnięcie jednego z dwóch klawiszy (w zadaniach na porównywanie liczb i szacowanie), przez co program natychmiast przechodzi do prezentacji kolejnej pary liczb i kończy ją w chwili udzielenia odpowiedzi. W rezultacie prezentacja bodźca wraz z odpowiedzią trwają np. kilkaset milisekund;
- To z kolei umożliwia wielokrotne powtórzenie tego samego typu bodźca (np. pary liczb), a im więcej powtórzeń, tym bardziej wiarygodny wynik oznaczający przeciętną reakcję w danym rodzaju zadania. W testach typu papier-ołówek u badanych dzieci ocenia się zdolność szacowania na podstawie odpowiedzi (udzielanych często bez presji czasu) w kilku lub kilkunastu prezentacjach par zbiorów liczb. W teście *Prokalkulia 6-9* tych powtórzeń jest znacznie więcej, np. 120 w zadaniach z porównywaniem liczb, zaś w zadaniu z Testem Stroopa Numerycznego nawet więcej. Warto podkreślić, że przy takiej liczbie powtórzeń bodźca, osoba badająca testem typu papier-ołówek nie byłaby w stanie w krótkim czasie (i zawsze bezbłędnie) obliczyć mediany czasu reakcji, czy średniej wielkości błędu szacowania miejsca liczby na osi liczbowej;
- Atutem testu komputerowego, który nie jest bez znaczenia, jest też jego atrakcyjność dla badanych dzieci. W związku z wykonywaniem zadań na komputerze, dzieci chętniej biorą udział w badaniu, a nawet nie traktują całej sytuacji jak typowego badania w poradni (czy szkole), co pozwala ominąć wpływ kontekstu. Dzieci badane podczas procesu konstruowania narzędzia nierzadko traktowały test jak grę komputerową.

Opis zadań, instrukcje testowe i mierzone wskaźniki

Informacje ogólne:

Test jest podzielony na dwie części różniące się sposobem udzielania odpowiedzi. W zadaniach w pierwszej części dziecko (zgodnie z instrukcją) udziela odpowiedzi poprzez naciskanie jednego z dwóch klawiszy na standardowej klawiaturze komputera. W tej części testu, we wszystkich zadaniach należy jak najszybciej, popełniając jak najmniej błędów, wskazać (poprzez naciśnięcie klawisza „Z” lub „M”) jeden z prezentowanych na ekranie bodźców – prawy (naciskając klawisz „M) lub lewy (klawisz „Z”). Zadania są tak zaprojektowane, żeby program rejestrował reakcje dziecka nawet wtedy, gdy naciśnie ono klawisz obok tego wymaganego w instrukcji (np. niechcący naciśnie klawisz „A” zamiast „Z”). Odpowiedzi udzielane przez naciśnięcie klawiszy bezpośrednio sąsiadujących z klawiszem wskazanym przez instrukcję (rys. 1) rejestrowane są więc jako poprawne. W tej części testu istotny jest czas odpowiedzi i ich poprawność (mierzony jest czas reakcji i procent poprawnych wskazań).



Rys. 1. Klawisze rejestrujące odpowiedzi dziecka podczas wykonywania zadań w pierwszej części testu.

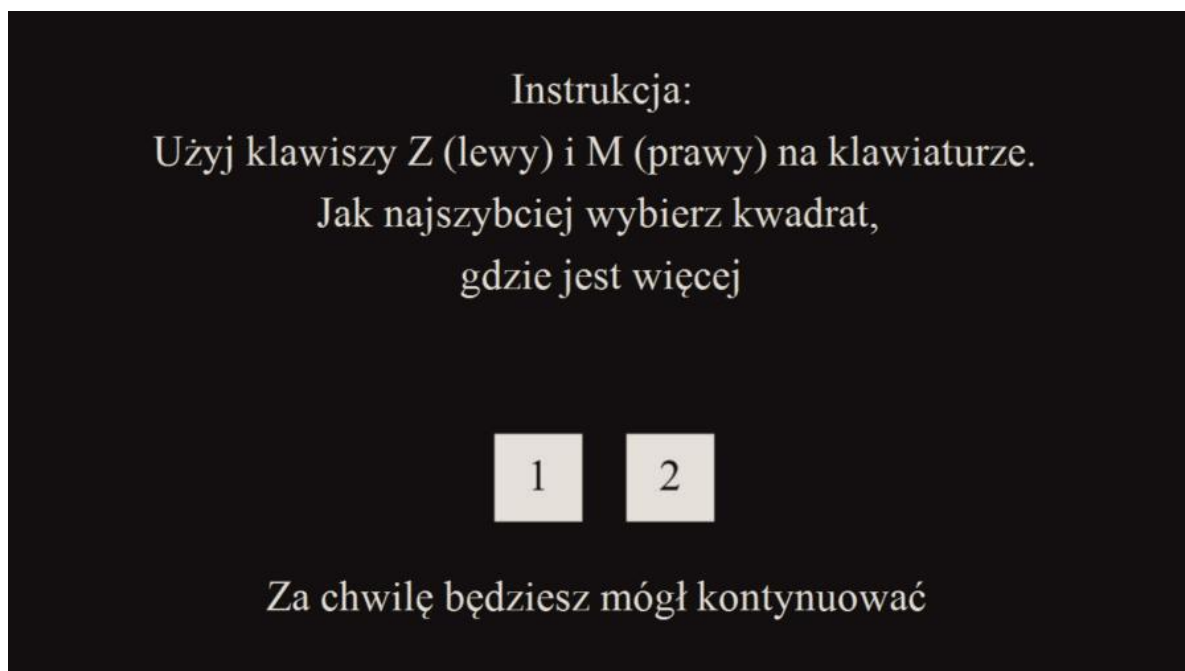
W drugiej części testu odpowiedzi udziela się za pomocą myszy komputerowej (klikaniem za pomocą lewego klawisza myszy). W tej części testu czas reakcji nie jest istotny, znaczenie ma jedynie precyzja wskazania odpowiedzi na ekranie.

Uwaga: nie można udzielać odpowiedzi za dziecko (klikać za nie myszą w miejscu na osi wskazanym przez dziecko np. palcem na ekranie).

W obu częściach testu, podczas prezentacji na ekranie instrukcji (rys. 2) z ilustracją zadania, przez 10 sekund zablokowana jest możliwość rozpoczęcia zadania naciśnięciem dowolnego klawisza. Po tym czasie, jeśli instrukcja została omówiona z dzieckiem, badający uruchamia zadanie, naciskając dowolny klawisz.

Uwaga: Zadanie rozpoczyna osoba prowadząca badanie, nie robi tego dziecko.

Podczas wykonywania zadań badający siedzi obok dziecka lub tuż za nim, aby obserwować jego reakcje oraz np. strategie wykorzystywane przez dziecko do wykonywania poszczególnych zadań. Po zakończeniu każdego zadania pojawia się „plansza” z instrukcją i ilustracją do kolejnego zadania, czemu dodatkowo towarzyszy bodziec dźwiękowy („klik”).



Rys. 2. Przykładowa „plansza” z instrukcją do jednego z zadań w teście.

Instrukcje do poszczególnych zadań przekazujemy ustnie, mimo pisemnych instrukcji wyświetlanych na ekranie przed każdym zadaniem. Przed rozpoczęciem każdego zadania, po przekazaniu instrukcji, upewniamy się, czy dziecko na pewno ją zrozumiało i wie, co ma zrobić, aby wykonać zadanie. Warto w tym celu skorzystać z ilustracji do danego zadania, aby na przykładzie zaprezentowanym na „planszy” z instrukcją (lub innym, analogicznym) omówić z nim to zadanie.

Bodźce we wszystkich zadaniach są wyświetlane w losowej kolejności, co umożliwia uniknięcie wpływu kolejności na czas lub poprawność odpowiedzi. Wykonanie całego testu trwa średnio ok. 35 minut. Nie ma limitu czasowego na wykonanie poszczególnych zadań (w znaczeniu czasu, po przekroczeniu którego przechodzimy do kolejnego zadania lub kończymy cały test).

Zasady prowadzenia badania:

Badanie powinno być przeprowadzone przez osobę, która posiada odpowiednie kompetencje zawodowe, praktykę (psycholog lub pedagog) oraz została przeszkolona do prowadzenia badań przy użyciu *Prokalkulia 6-9* (uzyskała stosowny certyfikat uprawniający do posługiwania się narzędziem).

Istotne jest przestrzeganie zasad, zapewnienie odpowiednich warunków badania i instrukcji, które zostały określone w niniejszym podręczniku. Zostały one opracowane w procesie standaryzacji narzędzia. Jakiegokolwiek odstępstwa od treści instrukcji mogą istotnie wpływać na uzyskiwane wyniki. Podczas badania muszą być też zapewnione odpowiednie warunki. Należy stworzyć atmosferę komfortu psychicznego, przestrzegać ogólnych zasad dotyczących diagnozy dzieci i zadbać o to, aby nic nie rozpraszało uwagi dziecka oraz nawiązać z nim dobry kontakt. Należy zadbać o motywację dziecka do wykonania wszystkich zadań zgodnie z instrukcją.

Prowadzenie badań testem *Prokalkulia 6-9* powinno być poprzedzone zapoznaniem się z treścią podręcznika, z instrukcjami do zadań oraz samodzielnym przećwiczeniem kolejnych zadań testu.

Pomieszczenie, w którym prowadzone jest badanie powinno być dobrze oświetlone, wywietrzone i izolowane od hałasu lub innych dystraktorów.

Pomiędzy zadaniami można robić krótkie przerwy, jeśli badający zaobserwuje taką potrzebę lub dziecko ją zgłosi. Warto zrobić przynajmniej jedną taką przerwę. W trakcie wykonania testu, nawet podczas wykonywania danego zadania możliwe jest włączenie pauzy (pojawia się wtedy pusty, czarny ekran) i wznowienie zadania poprzez naciśnięcie klawisza „F12”. W sytuacji konieczności przerwania i przedwczesnego zakończenia testu, można to zrobić za pomocą klawiszy „Alt” i „F4”. Po przerwaniu testu nie ma możliwości wznowienia go w tym samym miejscu. Sugeruje się w takiej sytuacji, po co najmniej kilku tygodniach, wykonać badanie jeszcze raz od początku. W rejestrze badań (zob. dalej) figuruje ono jako badanie dokończony i nie można zobaczyć jego wyników.

Narzędzie może być także wykorzystywane do badań naukowych, jednak placówka, w której planowane jest używanie testu *Prokalkulia 6-9* w tym celu, powinna uzyskać od autorów narzędzia stosowną pisemną zgodę. W tym celu należy kontaktować się z autorami narzędzia, pisząc na adres: mgut@umk.pl. Ze względu na możliwość wykorzystania testu do badań naukowych, zakodowane dane bez danych osobowych są przesyłane i gromadzone na serwerze, aby możliwe było automatyczne wykonywanie analiz statystycznych oraz kolejnych renormalizacji narzędzia. Przy każdym uruchomieniu programu sprawdzana jest dostępność aktualizacji norm (wymagane jest połączenie sieciowe); jeżeli są dostępne, są automatycznie pobierane.

Wprowadzanie danych przed rozpoczęciem badania:

Przed rozpoczęciem badania należy wprowadzić pewne dane do odpowiednich okien interfejsu. Część z nich to dane obowiązkowe (które pojawiają się potem w końcowym wyniku badania, np. podstawowe dane dotyczące dziecka, osoby badającej i placówki, w której wykonano badanie). Część to z kolei dane dodatkowe, na których wprowadzenie przewidziano odpowiednie miejsce, ale nie są one obowiązkowe do wprowadzenia, aby uruchomić program i rozpocząć badanie (np. oceny szkolne, iloraz inteligencji, uwagi dodatkowe, itd.). Warto jednak, jeśli osoba badająca posiada takie

dane, wprowadzić je i gromadzić, aby mieć szerszy obraz diagnozy, zwłaszcza, jeśli chce po pewnym czasie przyrzeć się dynamice wyników wraz z wynikami testu inteligencji, ocen z osiągnięć szkolnych, itd. Wszystkie te dane zapisywane są w rejestrze badanych, do którego badający zawsze może sięgnąć w razie konieczności.

Dane, które należy podać na samym początku, jako obowiązkowe, to imię i nazwisko prowadzącego badanie (można wpisać albo wybrać z rozwijającej się listy) w zakładce „Ośrodek” (rys. 3A) oraz imię i nazwisko badanego dziecka, jego datę urodzenia, płeć, jednostkę oświaty (np. przedszkole, szkoła podstawowa – wybiera z rozwijanej listy), województwo, wielkość miejsca zamieszkania (wyrażona w liczbie mieszkańców) oraz ewentualnie dodatkowe uwagi (np. krótkowzroczność, leworęczność, przebyte choroby, i inne informacje, które wydają się badającemu istotne) w zakładce „Dane badanego” (rys. 3B) wpisując je lub wybierając z rozwijanej listy. Program automatycznie oblicza wiek badanego, na podstawie wprowadzonej daty urodzenia oraz nadaje unikalny kod osoby badanej na podstawie jego inicjałów, płci i roku urodzenia. W zakładce „Dane dodatkowe” można zamieścić informacje o ocenach szkolnych, poziomie inteligencji (łącznie z informacją o tym, którym narzędziem badany był poziom inteligencji) oraz o tym czy u dziecka zdiagnozowano dyskalkulię (rys. 3C).

Po wprowadzeniu wszystkich niezbędnych danych, rozpoczynamy badanie klikając przycisk „Uruchom test”.

The image displays three sequential screenshots of the ProKalkulia 6-9 software interface, labeled A, B, and C, showing the data entry process. Each window has a title bar with 'ProKalkulia' and a close button. The interface is divided into three tabs: 'Ośrodek', 'Dane badanego', and 'Dane dodatkowe'.
Screenshot A: The 'Ośrodek' tab is active. Fields include 'Nazwa placówki:' (UMK), 'Prowadzący badanie:' (Małgorzata Gut), and 'Stanowisko/komputer:'.
Screenshot B: The 'Dane badanego' tab is active. Fields include 'Osoba badana:', 'Data urodzenia:' (2016), 'Wiek: --', 'Płeć:' (radio buttons for 'chłopiec' and 'dziewczynka'), 'Kod osoby badanej: --', 'Jednostka oświaty:', 'Województwo:' (lubuskie), 'Wielkość miejscow.:' (100-200 tys. mieszkańców), and 'Opis badania i uwagi:'.
Screenshot C: The 'Dane dodatkowe' tab is active. Fields include 'Klasa:' (1), 'Ocena osiągnięć edukacji matematycznej:', 'Ocena semestralna z matematyki:' (1), 'Ocena w poprzednim semestrze:' (1), checkboxes for 'U badanego zdiagnozowano dyskalkulię', 'Dokonano pomiaru poziomu inteligencji', and 'Zmierzony iloraz inteligencji', 'Interpretacja ilorazu inteligencji:', and 'Narzędzie użyte do pomiaru poziomu inteligencji:'.
At the bottom of each window, there are instructions: 'Podczas testu: F12 - pauza i wznowienie, Alt+F4 - przerwanie'. Buttons for 'Rejestr badań', 'Uruchom test', 'Wstecz', 'Dalej', 'Ustawienia', and 'Informacje o programie' are visible.

Rys. 3. Wprowadzanie danych przed rozpoczęciem badania.

Zadania – opis i instrukcje:

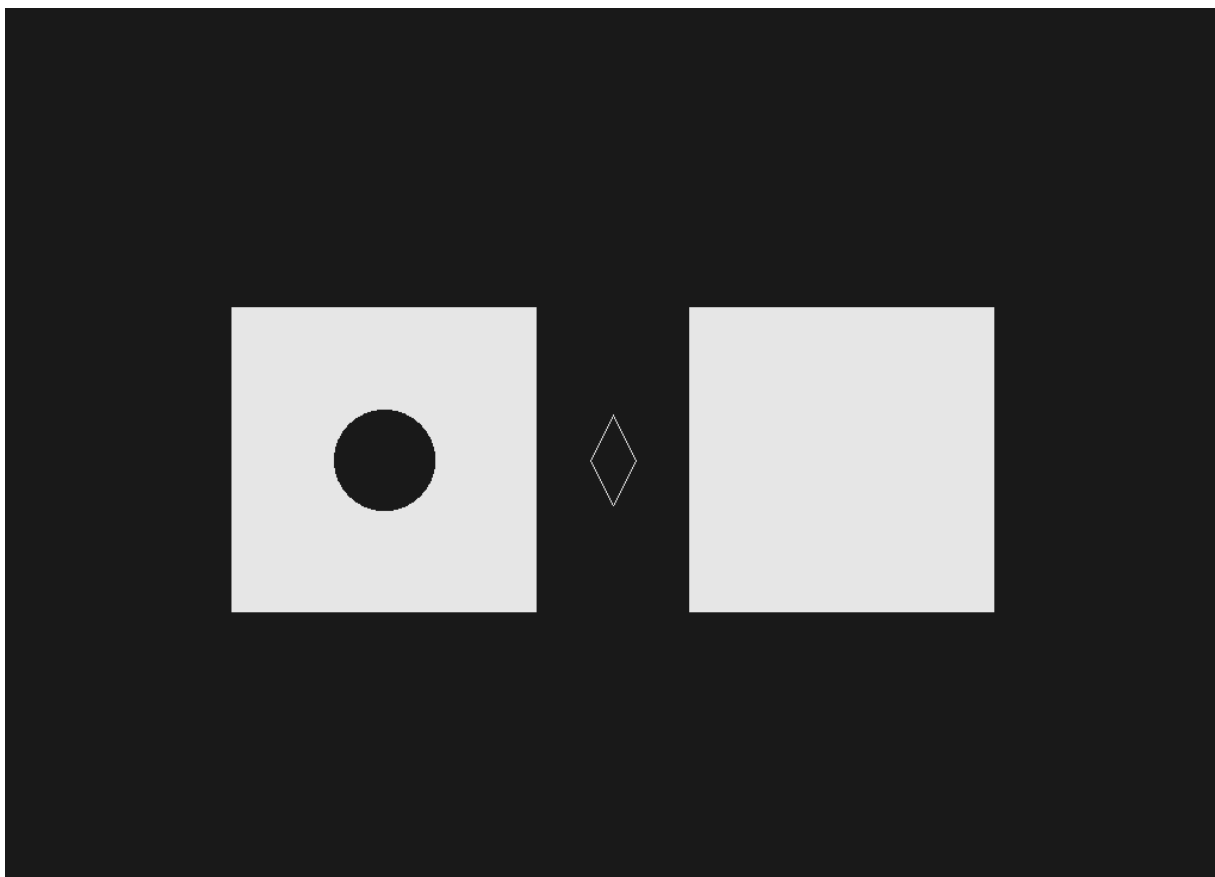
Bodźce wykorzystane w zadaniach testowych są czarno-białe (np. cyfry wyświetlane czarną czcionką wewnątrz białych kwadratów, które wyświetlają się na czarnym tle), aczkolwiek – uściślając, kolor czarny jest nieco jaśniejszy niż całkowita czerń (RGB 25, 25, 25), zaś biały jest nieco ciemniejszy niż 100%-towa biel (RGB 230, 230, 230). Jest to uzasadnione koniecznością zmniejszenia kontrastu między jasnymi i ciemnymi elementami bodźców i tła, a kontrast ten nie może być tak duży jak w przypadku czerni i bieli.

Prokalkulia 6-9 składa się z następujących zadań:

1. Czas reakcji prostej

Cel: pomiar czasu reakcji na lateralnie prezentowany prosty bodziec wzrokowy.

Bodźce i instrukcja: Na ekranie wyświetlają się dwa kwadraty: po lewej i prawej stronie centralnie prezentowanego punktu fiksacji wzroku, w postaci rombu (rys. 4).



Rys. 4. Zadanie na pomiar czasu reakcji prostej.

W każdej próbkę w jednym z kwadratów pojawia się czarna kropka. Zadaniem dziecka jest jak najszybsza odpowiedź, poprzez naciśnięcie jednego z dwóch klawiszy, odpowiednio do strony, po

której zobaczyło kropkę. Naciśnięcie klawisza „Z” oznacza odpowiedź „po lewej”, zaś „M” – „po prawej”. Ważne jest to, aby udzieliło odpowiedzi najszybciej jak to możliwe, ale nie popełniając błędów.

Treść instrukcji dla dziecka (i uwagi do badającego): *Przed Tobą kilka zadań, w których będziesz udzielać odpowiedzi na klawiaturze. Przed każdym zadaniem zostanie wyświetlone polecenie, ale ja dodatkowo wytłumaczę ci, co musisz zrobić. Nic nie szkodzi, jeżeli czasami się pomylisz. Każdy od czasu do czasu udziela błędnych odpowiedzi w takich zadaniach i jeśli zrobisz błąd to po prostu kontynuuj zadanie, nie przerywając.*

W pierwszym zadaniu, za pomocą dwóch klawiszy: litery „M” albo litery „Z” musisz wskazać, w którym z dwóch pokazanych na ekranie kwadratów pojawi się kropka. Litera „Z” oznacza lewy kwadrat, natomiast litera „M” prawy. Czy możesz pokazać, które to litery kładąc na nich palce?

[Jeśli dziecko nie potrafi wskazać przycisków, pomagamy mu je znaleźć].

W czasie rozwiązywania zadania staraj się skupiać wzrok na środku ekranu, tu gdzie jest romb pomiędzy kwadratami, to ta figura tutaj. Wskaż przyciskiem odpowiedni kwadrat najszybciej jak potrafisz, ale starając się nie popełniać błędów, to bardzo ważne. W tych zadaniach mierzone jest nie tylko to, czy odpowiedź jest poprawna, ale też jak szybko jej udzielono.

Zanim rozpoczniesz zadanie i naciśniesz odpowiedni przycisk, powiedz jak odpowiedział(a)byś w tym przypadku? [osoba badająca pokazuje ilustrację zadania widoczną na „planszy” z instrukcją, czeka na odpowiedź dziecka i upewnia się, że instrukcja do zadania jest jasna]. Zaraz rozpoczniesz wykonywanie zadania. Jesteś gotowy(a)? Kiedy dziecko odpowie twierdząco i widać, że trzyma ono palce na odpowiednich przyciskach, badający rozpoczyna badanie, naciskając dowolny klawisz.

Mierzone wskaźniki: Czas reakcji (w milisekundach).

Uwaga: Zadanie to nie ma charakteru diagnostycznego, a jego wynik nie jest wyświetlany w końcowym opisie, ani na graficznej ilustracji wyniku końcowego. Czas reakcji prostej ma na celu jedynie uzyskanie poziomu odniesienia do czasu reakcji na bodźce o charakterze liczbowym w kolejnych zadaniach. Czas reakcji na bodźce wzrokowe może się bowiem bardzo różnić u poszczególnych dzieci, nawet w tym samym przedziale wiekowym. A zatem wyniki uzyskane w kolejnych zadaniach to czas reakcji skorygowany o wartość uzyskaną w zad. 1 (różnica, z uwzględnieniem np. generalnie wolnego reagowania na bodźce, niezależnie od ich znaczenia).

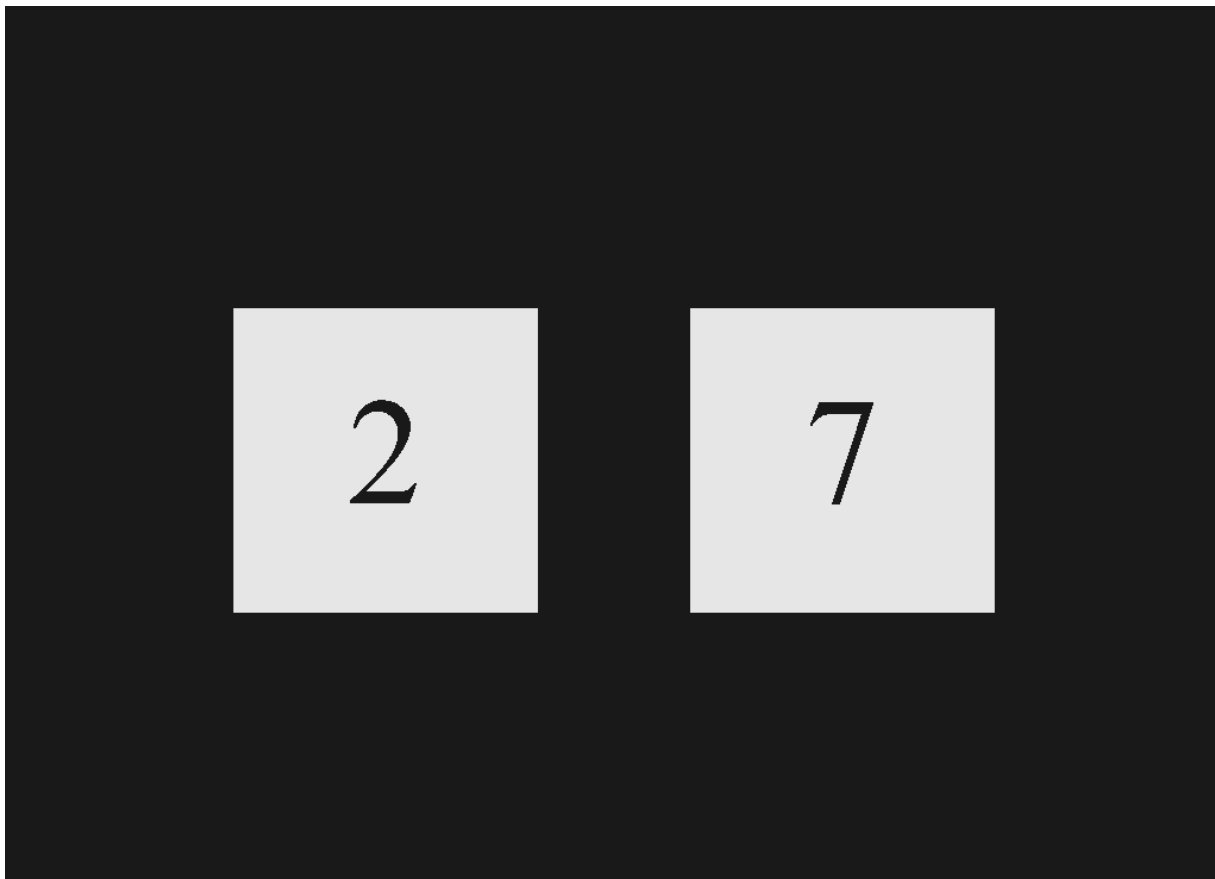
Uwaga: Jeżeli przeciętny czas reakcji dziecka w tym zadaniu będzie dłuższy niż czas reakcji w zadaniach z porównywaniem liczb, program po uwzględnieniu tego pierwszego wyliczy dla zadań z porównywaniem liczb czas ujemny. Ponieważ procesy poznawcze zaangażowane w przetwarzanie wartości liczbowej, porównanie dwóch liczb i wykonanie jednej z dwóch reakcji (zgodnej z instrukcją do zadania) nie mogą zajmować mniej czasu niż procesy konieczne do wykonania zadania na czas reakcji prostej, wynik taki oznacza, że dziecko najprawdopodobniej nie zrozumiało przed

wykonaniem zad. 1, że należy naciskać właściwy klawisz najszybciej jak to możliwe. W takiej sytuacji wyniki uzyskane w teście są niemiernodajne i sugeruje się powtórzenie badania po kilku tygodniach.

2. Porównywanie liczb w formacie arabskim (cyfr)

Cel: Ocena rozpoznawania cyfr z zakresu 1-9 i przetwarzania ich wartości liczbowej poprzez ich porównywanie (która z nich ma większą wartość liczbową).

Bodźce i instrukcja: Zadanie polega na udzieleniu jak najszybszej odpowiedzi (jednocześnie starając się nie popełniać błędów), która z prezentowanych na ekranie dwóch cyfr ma większą wartość liczbową. Obie cyfry są wyświetlane czarną czcionką w białych kwadratach prezentowanych na czarnym tle, po lewej i prawej stronie (rys. 5).



Rys. 5. Zadanie z porównywaniem liczb w formacie symbolicznym.

Zadanie składa się ze 120 par cyfr, wyświetlanych w losowej kolejności, połowa z nich to pary, w których większa liczba jest z prawej strony, zaś połowa – z większą liczbą po stronie lewej (z uwagi na znaczenie efektu SNARC). Ponadto, w zastosowanych parach część z nich to pary o dużym dystansie numerycznym (różnica między dwiema liczbami wynosi 7 lub 8), część stanowi pary o małym dystansie (1 lub 2) a część to pary liczb o średnim dystansie (4 lub 5). Odstęp czasowy między

odpowiedzią dziecka i wyświetleniem się kolejnej próbki wynosi od 500 do 1000 ms i zmienia się także w sposób losowy. Dziecko udziela odpowiedzi poprzez naciskanie jednego z dwóch klawiszy: „Z” jeśli uzna, że większa liczba jest w lewym kwadracie i „M” – jeśli w prawym.

Treść instrukcji dla dziecka (i uwagi do badającego): *W tym zadaniu również musisz używać klawiszy „Z” i „M”. W dwóch kwadratach na ekranie pojawią się liczby, a twoje zadanie polega na wskazaniu, w którym kwadracie liczba jest większa – w prawym czy w lewym. I tym razem staraj się wybierać odpowiedni kwadrat najszybciej jak potrafisz, ale nie popełniając błędów. Zanim rozpoczniesz zadanie, powiedz jak odpowiedział(a)byś w tym przypadku? Który klawisz byś nacisnął(ęła)?* [Po upewnieniu się, że instrukcja do zadania jest zrozumiała, badający rozpoczyna zadanie naciskając dowolny klawisz – i analogicznie we wszystkich pozostałych zadaniach].

Mierzone wskaźniki: czas reakcji i procent poprawnych odpowiedzi.

3. Porównywanie liczb w formacie niesymbolicznym (małe zbiory kropek)

Cel: Ocena rozpoznawania liczb z zakresu 1-9 prezentowanych w formacie niesymbolicznym/analogowym (jako zbiory kropek) i przetwarzania ich wartości liczbowej poprzez ich porównywanie (która z nich ma większą wartość).

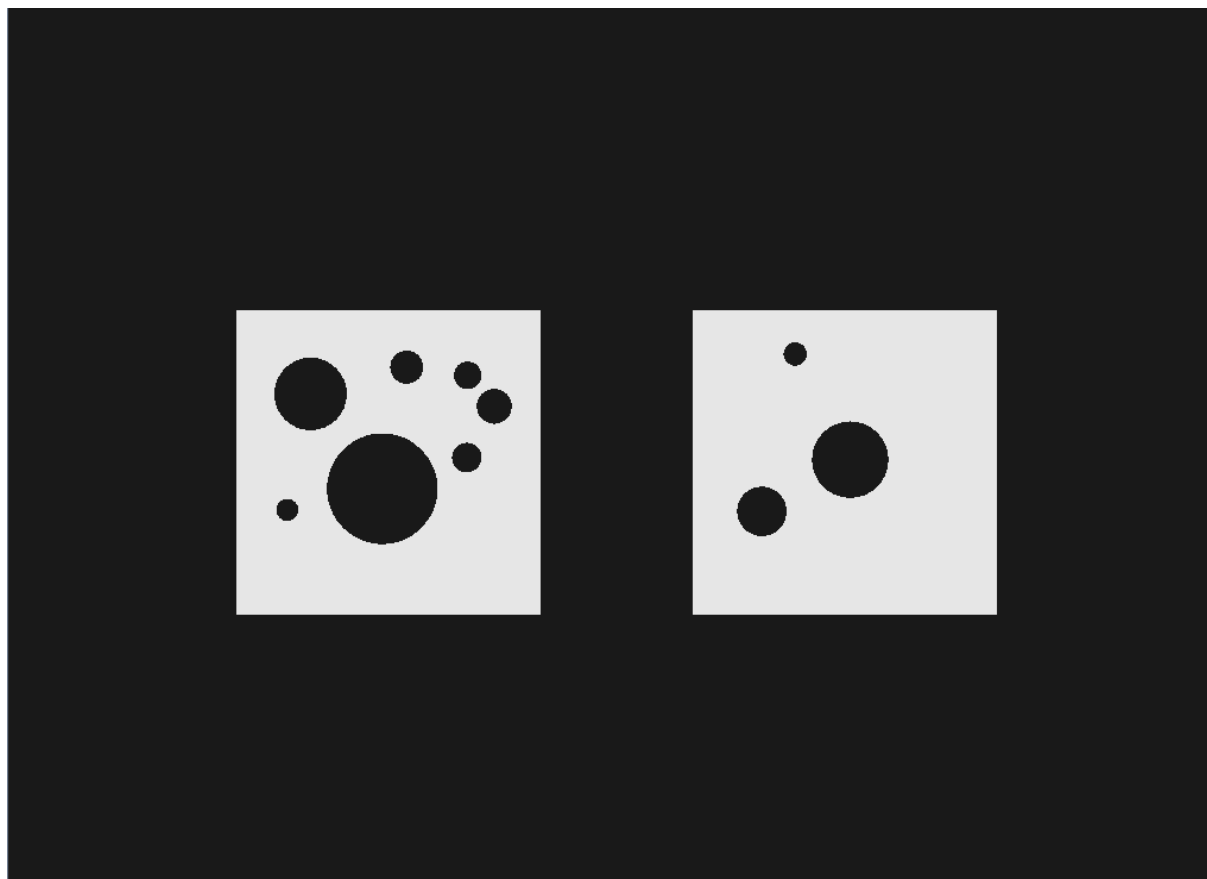
Bodźce i instrukcja: Zadanie polega na jak najszybszym wskazaniu (starając się jednocześnie nie popełniać błędów), który z dwóch prezentowanych na ekranie dwóch zbiorów kropek jest liczniejszy. Oba zbiory czarnych kropek są wyświetlane w białych kwadratach prezentowanych na czarnym tle, po lewej i prawej stronie (rys. 6).

Kropki są różnej wielkości, a ich średnica oraz rozmieszczenie w kwadratach zmienia się w sposób losowy z próbki na próbkę. Ich średnica, układ i obrys powierzchni zajmowanej przez kropki w kwadracie jest wynikiem działania specjalnego algorytmu i ma swoje uzasadnienie w literaturze (Gebuis i Reynvoet, 2011). Zadanie składa się ze 120 par zbiorów kropek, wyświetlanych w losowej kolejności. Połowa z nich to pary, w których większy zbiór jest z prawej strony, zaś połowa – z większą liczbą kropek po stronie lewej (z uwagi na znaczenie efektu SNARC). Ponadto, w prezentowanych parach część z nich to pary o dużym dystansie numerycznym (różnica między dwiema liczbami wynosi 7 lub 8), część stanowi pary o małym dystansie (1 lub 2) i część to pary liczb o średnim dystansie (4 lub 5). Odstęp czasowy między odpowiedzią dziecka i wyświetleniem się kolejnej próbki wynosi od 500 do 1000 ms i zmienia się także w sposób losowy. Dziecko udziela odpowiedzi poprzez naciskanie jednego z dwóch klawiszy: „Z” jeśli uzna, że większa liczba jest w lewym kwadracie i „M” – jeśli w prawym.

Treść instrukcji dla dziecka: *To zadanie jest podobne do poprzedniego. Polega na wskazaniu kwadratu, w którym zobaczysz więcej kropek. Tak samo jak w poprzednich zadaniach posługuj się klawiszami „Z” i „M”. Staraj się wybierać odpowiedni kwadrat najszybciej jak potrafisz, nie*

popołniając błędów. Zanim rozpoczniesz zadanie i naciśniesz odpowiedni przycisk, powiedz jak odpowiedział(a)byś w przypadku widocznym na planszy?

Mierzone wskaźniki: czas reakcji i procent poprawnych odpowiedzi.



Rys. 6. Zadanie z porównywaniem liczb w formacie niesymbolicznym.

4. Porównywanie liczb w formacie mieszanym (zbiory kropek vs cyfry)

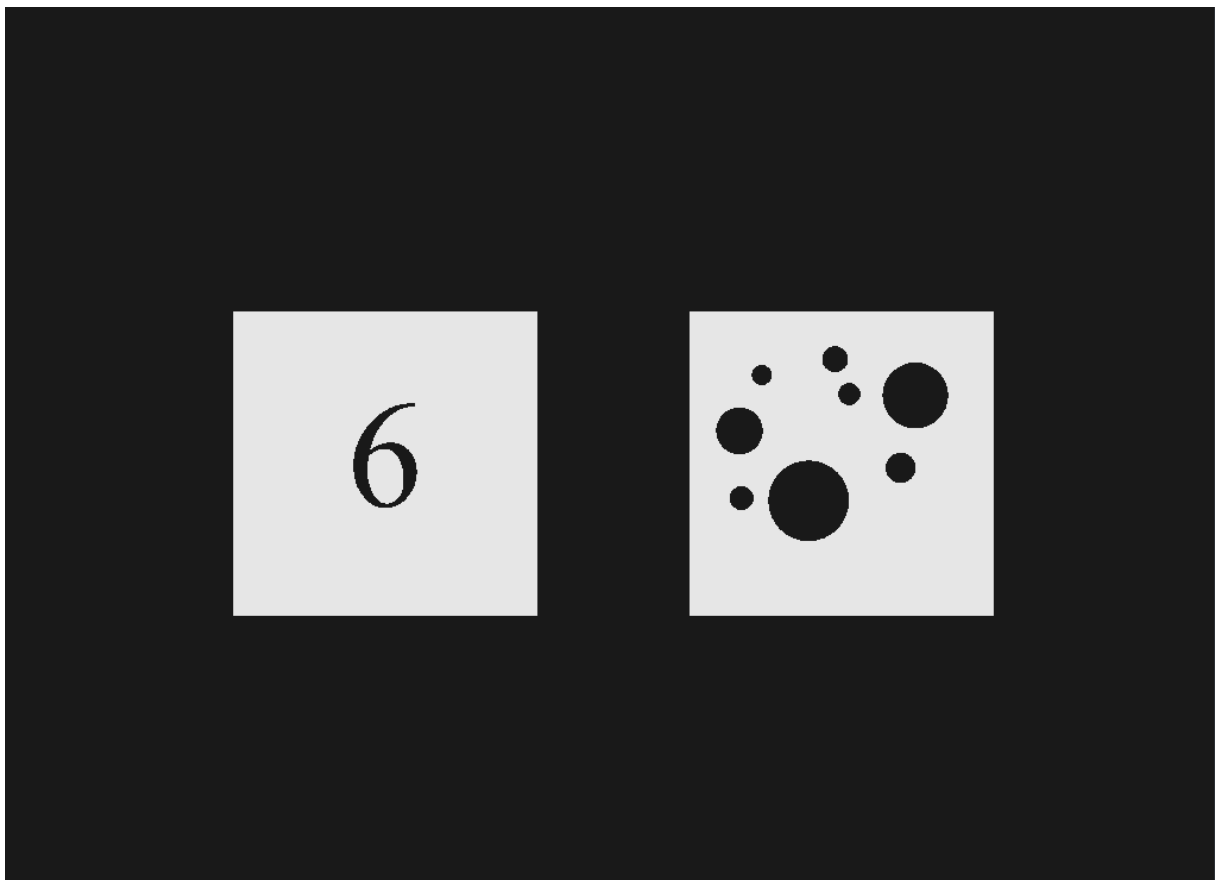
Cel: Ocena rozpoznawania liczb z zakresu 1-9 prezentowanych w formacie symbolicznym i niesymbolicznym; sprawności transferu między symboliczną i niesymboliczną reprezentacją liczb; oraz przetwarzania ich wartości liczbowej poprzez ich porównywanie (która z nich ma większą wartość liczbową).

Bodźce i instrukcja: Zadanie polega na jak najszybszym wskazaniu (starając się jednocześnie nie popełniać błędów), która z prezentowanych na ekranie dwóch liczb (wyświetlana jako zbiór kropek lub cyfra) jest większa numerycznie. W każdej parze liczb, w jednym z dwóch białych kwadratów wyświetla się czarna cyfra, zaś w drugim - czarne kropki (analogiczne jak te zastosowane w zad. 2 i 3). Zarówno kropki, jak i cyfry są wyświetlane w białych kwadratach prezentowanych na czarnym tle, po lewej i prawej stronie (rys. 7).

Zadanie składa się ze 240 par, wyświetlanych w losowej kolejności. połowa z nich to pary, w których większa liczba jest z prawej strony, zaś połowa – z większą liczbą po stronie lewej. Część z nich to pary o dużym dystansie numerycznym, część stanowi pary o małym dystansie i część to pary liczb o średnim dystansie. Dodatkowo w połowie próbek cyfra jest z lewej strony a kropki z prawej, zaś w połowie próbek – odwrotnie. Odstęp czasowy między odpowiedzią dziecka i wyświetleniem się kolejnej próbki wynosi od 500 do 1000 ms i zmienia się w sposób losowy. Dziecko udziela odpowiedzi poprzez naciskanie jednego z dwóch klawiszy: „Z” jeśli uzna, że większa liczba jest w lewym kwadracie i „M” – jeśli w prawym.

Treść instrukcji dla dziecka: *To zadanie też jest podobne do poprzedniego. Polega na wskazaniu kwadratu, w którym jest większa liczba, ale w jednym z nich liczba będzie pokazana jako cyfra, a w drugim – jako zbiór kropek. Należy jak najszybciej bezbłędnie wskazać gdzie jest więcej. Tak samo jak w poprzednich zadaniach, posługuj się klawiszami „Z” i „M”. Staraj się wybierać odpowiedni kwadrat najszybciej jak potrafisz, nie popełniając błędów. Zanim rozpoczniesz zadanie i naciśniesz odpowiedni przycisk, powiedz co wybrałbyś (-łabyś) w przypadku widocznym na planszy?*

Mierzone wskaźniki: czas reakcji i procent poprawnych odpowiedzi.



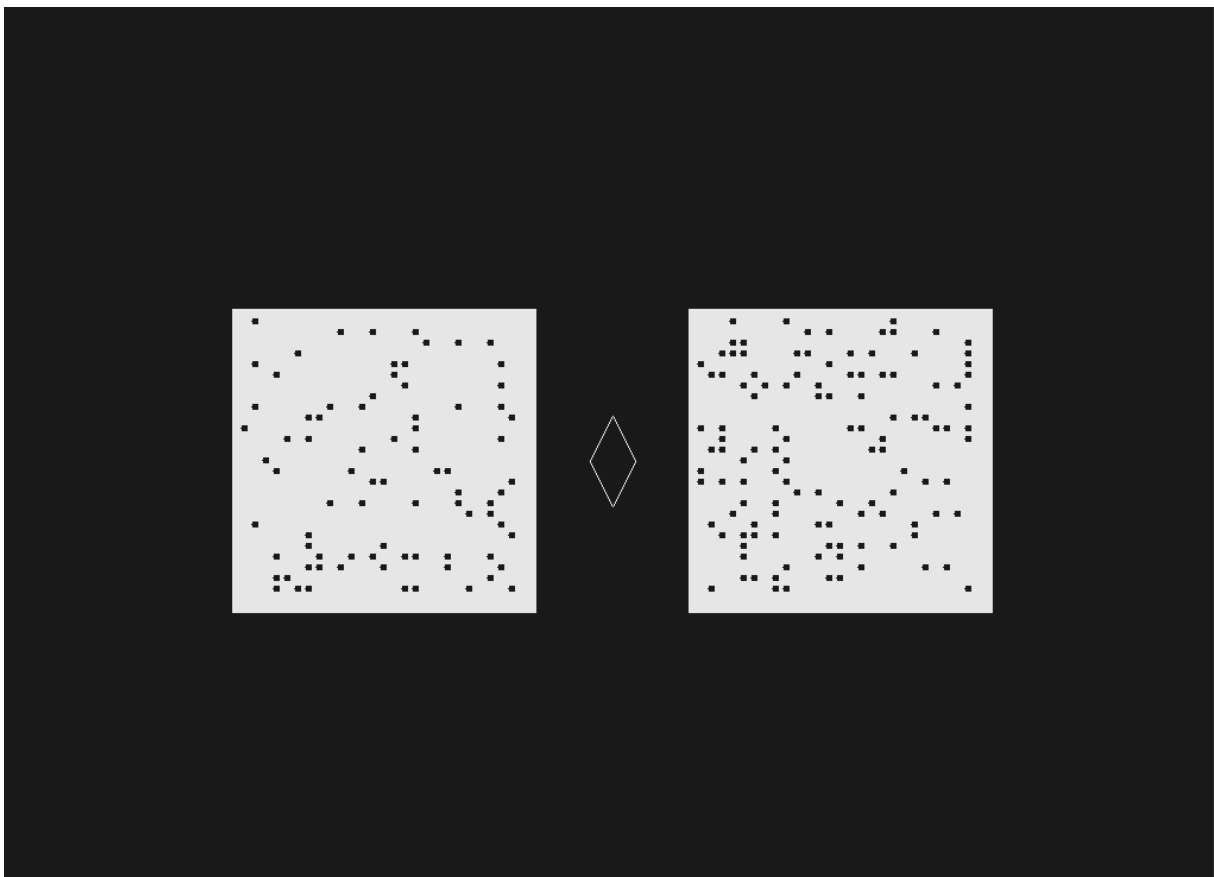
Rys. 7. Zadanie z porównywaniem liczb w formacie mieszanym.

5. Szacowanie liczebności dużych zbiorów

Cel: Ocena zdolności szacowania liczebności dużych zbiorów oraz porównywania liczebności dwóch zbiorów o różnych wartościach proporcji między liczebnościami.

Bodźce i instrukcja: Zadanie polega na jak najszybszym wskazaniu (starając się jednocześnie nie popełniać błędów), który z dwóch prezentowanych na ekranie zbiorów o dużej liczebności kropek jest większy numerycznie. Należy to oszacować bez liczenia. W każdej próbie, w dwóch białych kwadratach na czarnym tle, po lewej i po prawej stronie, wyświetlana jest pewna liczba małych punktów (rys. 8). Zbiory różnią się liczebnością, a stosunek liczebności jednego zbioru do drugiego przyjmuje 3 wartości: w części próbek wynosi on 1:2 (np. 50 kropek vs 100 kropek) i jest to przykład proporcji łatwej; w części proporcja ta wynosi 2:3 i w pozostałych – 3:4 (i ta ostatnia jest proporcją najtrudniejszą, ponieważ najtrudniej jest wtedy oszacować, który zbiór jest liczniejszy).

Zadanie składa się ze 120 par, wyświetlanych w losowej kolejności, połowa z nich to pary, w których większa liczebność zbioru jest z prawej strony, zaś połowa – z większą liczebnością po stronie lewej. Odstęp czasowy między odpowiedzią dziecka i wyświetleniem się kolejnej próbki wynosi od 500 do 1000 ms i zmienia się w sposób losowy. Dziecko udziela odpowiedzi poprzez naciskanie jednego z dwóch klawiszy: „Z” jeśli uzna, że liczniejszy zbiór jest w lewym kwadracie i „M” – jeśli w prawym.



Rys. 8. Zadanie szacowania liczebności zbiorów.

Treść instrukcji dla dziecka: *W tym zadaniu należy wskazać, naciskając lewy lub prawy klawisz (czyli „Z” lub „M”) gdzie jest większy zbiór kropek – w prawym czy w lewym kwadracie. Trzeba to zrobić jak najszybciej bez liczenia, ale popełniając jak najmniej błędów. Ważna jest i szybkość i poprawność odpowiedzi. Czy jesteś gotowy(-a) rozpocząć zadanie?*

Mierzone wskaźniki: czas reakcji i procent poprawnych odpowiedzi.

6. Porównywanie liczb różniących się wielkością numeryczną i fizyczną (Stroop Numeryczny)

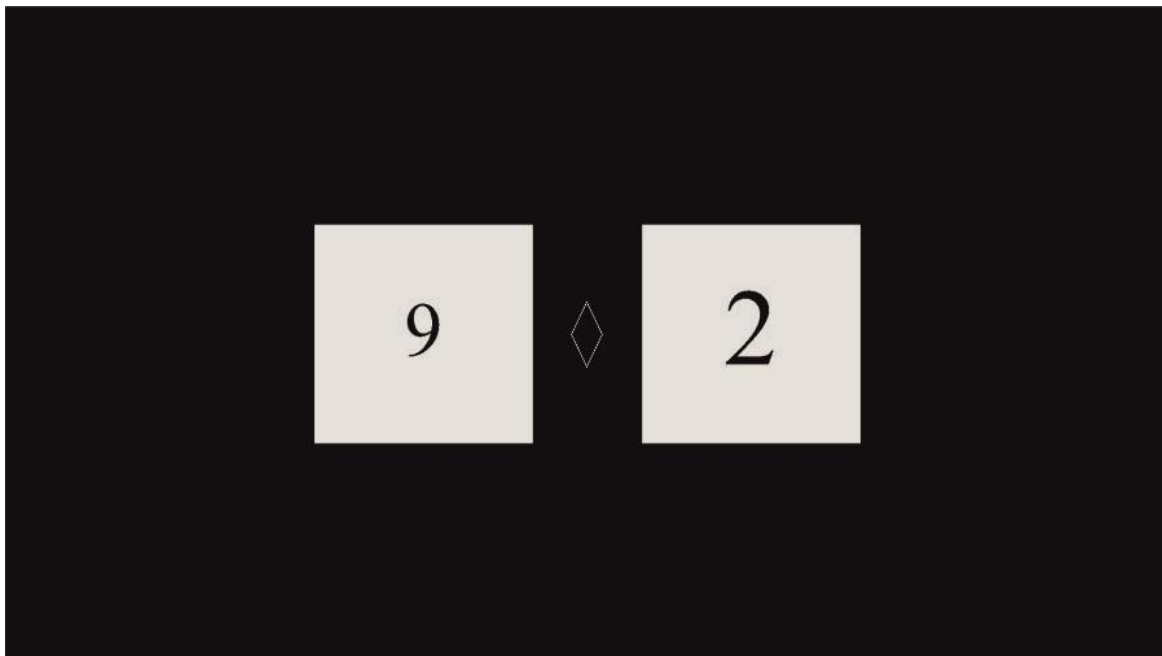
Cel: Ocena umiejętności porównywania liczb prezentowanych w formacie arabskim w sytuacji konfliktu poznawczego (angażującego funkcje wykonawcze).

Bodźce i instrukcja: Zadanie polega na jak najszybszym wskazaniu (starając się jednocześnie nie popełniać błędów), która z prezentowanych na ekranie dwóch cyfr jest większa numerycznie. Należy przy tym ignorować fizyczną wielkość cyfry, bowiem to, co odróżnia Stroop Numeryczny od zadania z porównywaniem cyfr (zad. 2) to obecność w zadaniu takich par cyfr, w przypadku których szybką decyzję dodatkowo utrudnia konflikt poznawczy pomiędzy wielkością numeryczną i wielkością fizyczną (np. w parze 8 i 1, cyfra 8 jest fizycznie mniejsza, a 1 fizycznie większa). Ponieważ czas reakcji w próbkach z konfliktem jest dłuższy niż w próbkach, w których wielkość numeryczna jest zgodna z wielkością fizyczną, u zdrowych osób ogólny czas reakcji w takim zadaniu jest dłuższy niż w zadaniu z porównywaniem cyfr o tej samej wielkości czcionki, co świadczy o prawidłowym działaniu procesów wykonawczych (w szczególności uwagi wykonawczej, zob. Jaśkowski, 2009). Obie cyfry są wyświetlane czarną czcionką w białych kwadratach prezentowanych na czarnym tle, po lewej i prawej stronie (rys. 9). Zadanie składa się ze 240 par cyfr, wyświetlanych w losowej kolejności. Połowa z nich to pary, w których większa liczba jest z prawej strony, zaś połowa – z większą liczbą po stronie lewej. Ponadto, w zastosowanych parach, część z nich to pary o dużym dystansie numerycznym, część stanowią pary o małym dystansie i część to pary liczb o średnim dystansie. Odstęp czasowy między odpowiedzią dziecka i wyświetleniem się kolejnej próbki wynosi od 500 do 1000 ms i zmienia się także w sposób losowy. Dziecko udziela odpowiedzi poprzez naciskanie jednego z dwóch klawiszy: „Z” jeśli uzna, że większa numerycznie liczba jest w lewym kwadracie i „M” – jeśli w prawym.

Treść instrukcji dla dziecka: *Teraz wykonasz zadanie podobne do tego, w którym na ekranie były prezentowane dwie cyfry i należało wybrać tę, która jest większa. Różnica między tym zadaniem i tamtym jest taka, że w każdej parze cyfr dodatkowo jedna jest wyświetlana większą czcionką, a druga – mniejszą, co trochę utrudnia zadanie. Polega ono na tym, żeby, niezależnie od wielkości czcionki, odpowiedzieć, najszybciej jak to możliwe, w którym kwadracie jest więcej. Która liczba jest większa w przykładzie, który widzisz na planszy z instrukcją? A więc który klawisz należałoby nacisnąć? Staraj się*

odpowiadać bezbłędnie. Jeśli zdarzy ci się pomyłka, nie przerywaj zadania, w takim zadaniu błędy zdarzają się nawet dorosłym.

Mierzone wskaźniki: czas reakcji i procent poprawnych odpowiedzi.



Rys. 9. Przykład pary cyfr z zadania ze Stroopem Numerycznym.

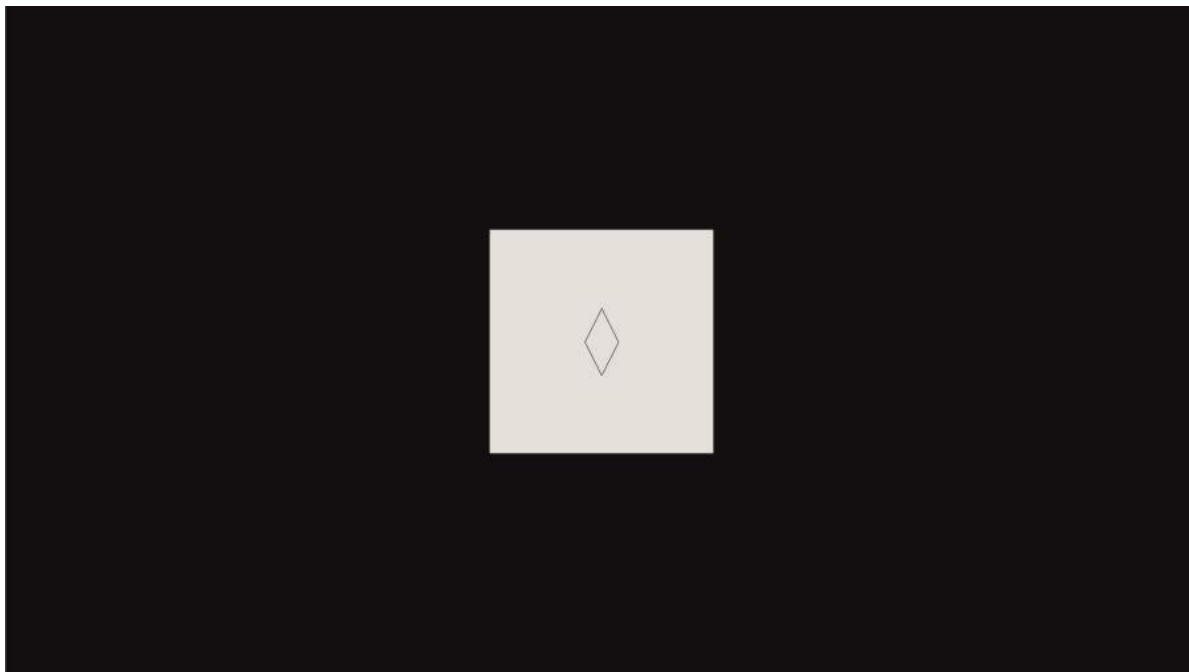
7. Wskazywanie miejsca liczby na osi z podziałką

Cel: Zadania te nie mają charakteru diagnostycznego (i wynik w nich uzyskany nie jest wyświetlany w końcowym opisie ani na ilustracji graficznej). Mają one na celu zaznajomić dziecko z rodzajem zadań wykonywanych później (zad. 8 i 9), które już są kluczowe w ocenie umiejętności szacowania miejsca liczby na osi. W zadaniach tych liczba próbek jest niewielka (każda liczba prezentowana jest tylko raz), a dziecko, posługując się myszą komputerową musi wskazać określony punkt na osi liczbowej z podziałką. Pozwala mu to zorientować się, na czym będą polegały dalsze zadania i jaki będzie sposób odpowiedzi. Stanowią swoistą „rozgrzewkę” przed zadaniami diagnostycznymi. Dodatkowo, zadania te poprzedza prezentacja na ekranie kwadratu z rombem w środku (rys. 10), a zadanie dziecka polega na kliknięciu za pomocą myszy w środek figury. Ma to na celu upewnienie się, że dziecko w ogóle potrafi się prawidłowo posługiwać myszą komputerową. Jest to warunek konieczny do przystąpienia do wykonania zadań z osią liczbową.

Bodźce i instrukcja: Dziecko wykonuje 3 zadania, w których za pomocą wskaźnika (białej strzałki widocznej na ekranie) kontrolowanego myszą, ma wskazać określone miejsce na osi liczbowej z podziałką (i zaznaczonymi na niej liczbami od 1 do 9). W pierwszym z tych zadań (zad. 7a) na czarnym ekranie widoczna jest oś, na której czarna strzałka (dolna, nieruchoma) wskazuje jedną z liczb na osi.

Dziecko, poruszając górną (białą) strzałką ma za zadanie jedynie połączyć je grotami, klikając myszą w miejscu wskazanej liczby (rys. 11).

Uwaga: Kliknięcie w miejsce wyraźnie odległe od lokalizacji danej liczby na osi (wskazywanej przez czarną strzałkę) powoduje, że program nie przechodzi do kolejnej próbki. Jest to blokada uniemożliwiająca (celowe lub nie) wykonanie zadania na zasadzie klikania w dowolne miejsce na osi.

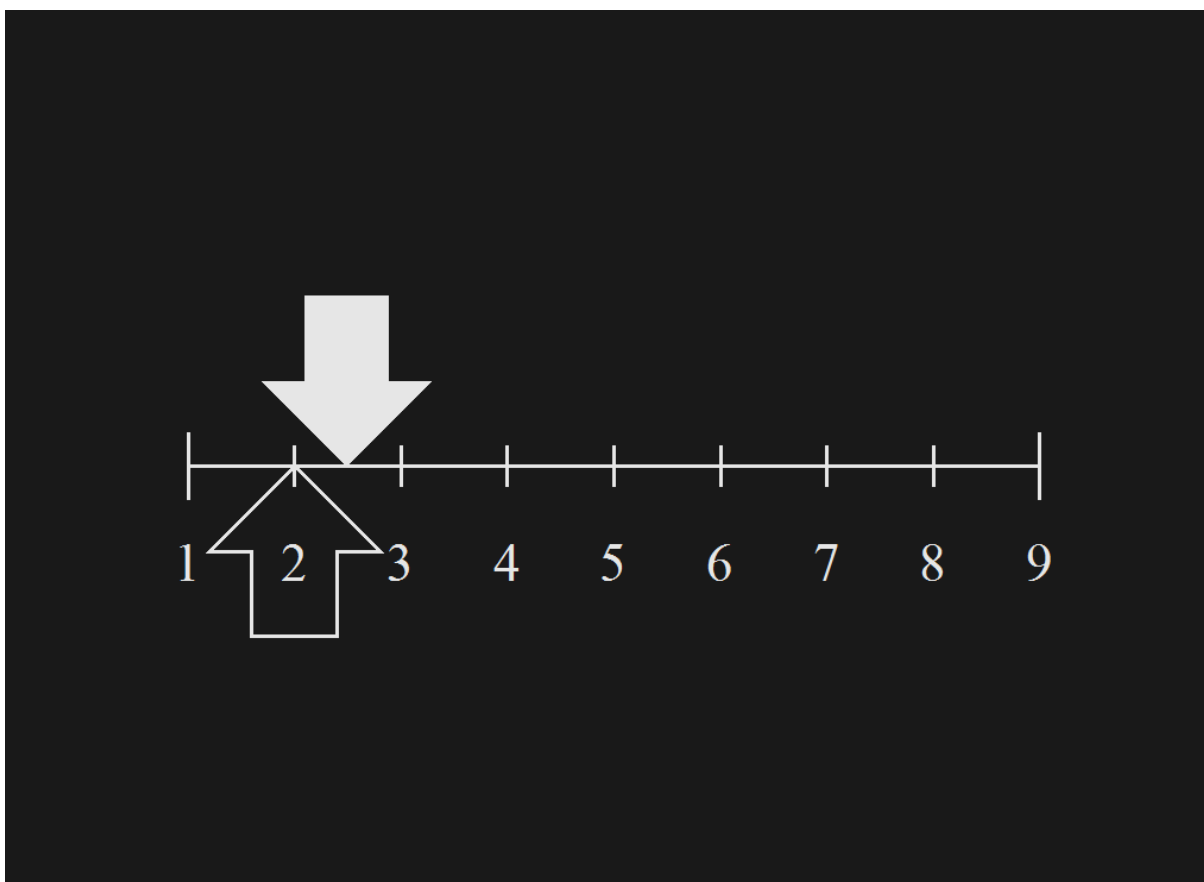


Rys. 10. Zadanie pozwalające się upewnić, czy dziecko wie jak postąpić z myszą komputerową

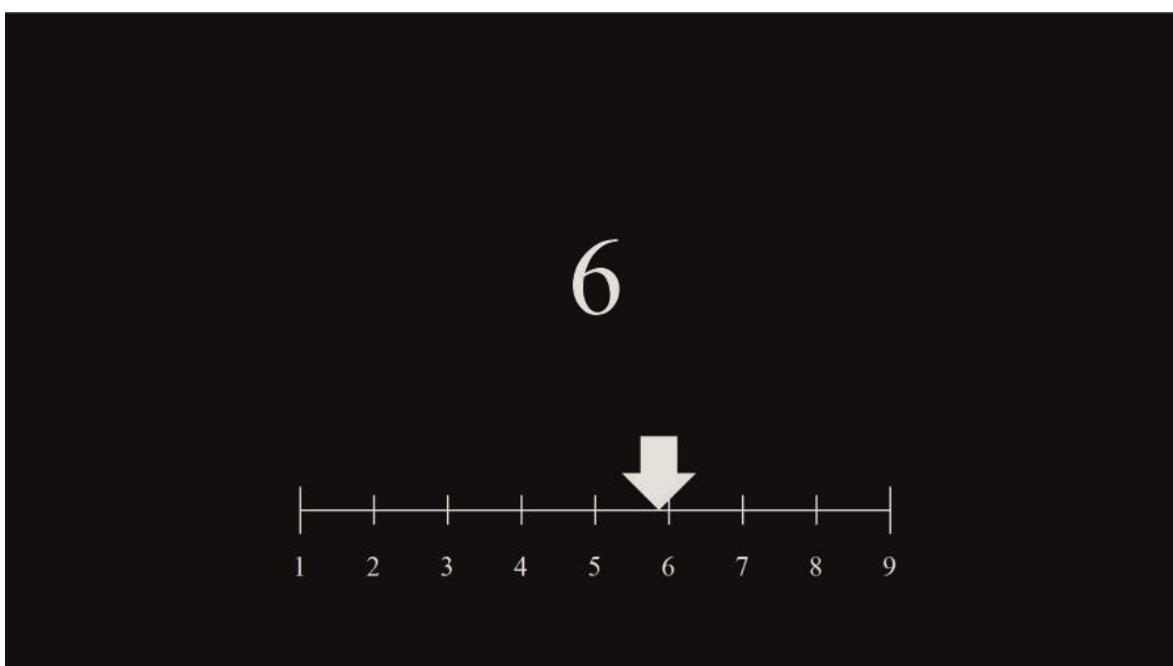
W kolejnych dwóch zadaniach (7b i 7c) dziecko wskazuje za pomocą białej ruchomej strzałki, poruszanej myszą komputerową, miejsce na osi, które odpowiada liczbie wyświetlanej nad osią (rys. 12 i 13). W pierwszym z tych zadań liczby wyświetlają się w formacie arabskim, zaś w drugim – w postaci zbiorów kropek.

Treść instrukcji dla dziecka (i uwagi do badającego):

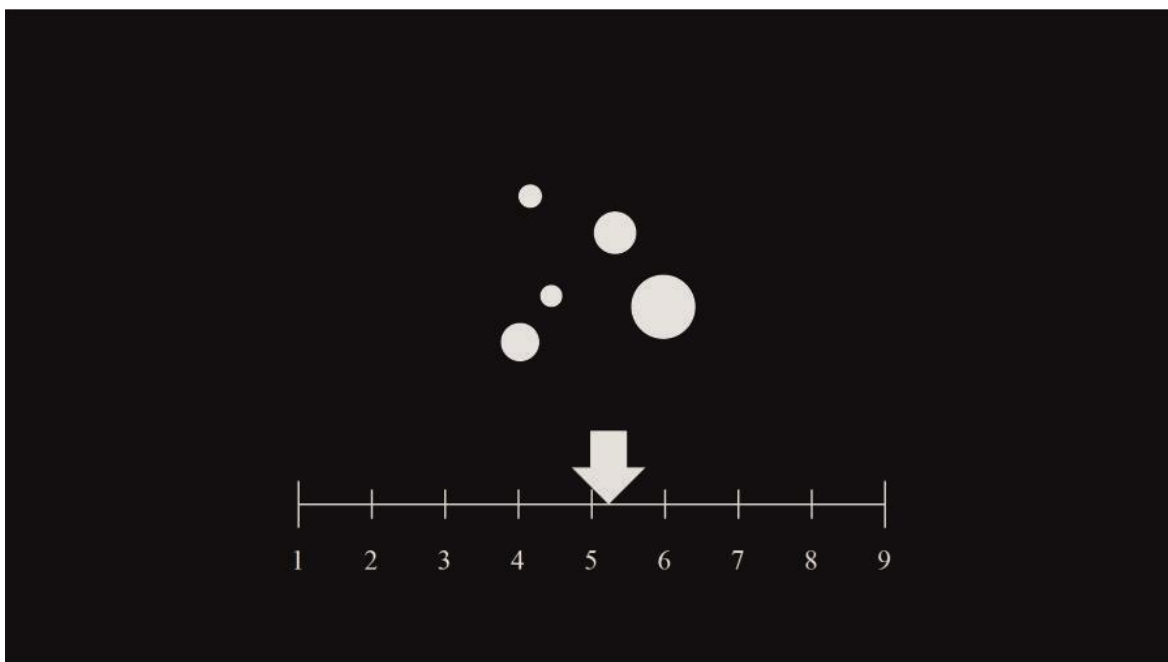
Zad. 7a: *Na ekranie pojawi się oś liczbowa i dwie strzałki. Czy wiesz, co to jest oś liczbowa?* [Jeśli dziecko zna pojęcie osi liczbowej, badający prosi, aby wyjaśniło, co to jest. Jeśli nie zna (lub nie potrafi wyjaśnić), tłumaczymy krótko w oparciu o ilustrację na „planszy” z instrukcją: *Zobacz, to jest np. taka linia jak tutaj, na której znajdują się liczby, każda ma swoje miejsce, są ustawione po kolei, a między nimi są równe odległości.*]. *Twoje zadanie polega na tym, aby przesuwać za pomocą myszy tą białą strzałkę w lewo lub w prawo, tak, aby wskazać białą strzałką miejsce z liczbą wskazaną przez strzałkę czarną. Kiedy ustawisz białą strzałkę w miejscu wskazanym przez czarną strzałkę, kliknij w tym miejscu. Pamiętaj, że teraz czas nie jest ważny, nie musisz się spieszyć. Ważniejsze jest to, żeby dokładnie wskazać odpowiednie miejsce pokazywane przez dolną strzałkę.*



Rys. 11. Zadanie na klikanie myszą w miejscu oznaczonej liczby na osi i oswojenie z osią liczbową.



Rys. 12. Zadanie ze wskazywaniem miejsca cyfry na osi z podziałką.



Rys. 13. Zadanie ze wskazywaniem miejsca liczby odpowiadającej liczebności kropek na osi z podziałką.

Zad. 7b: Na ekranie pojawi się taka sama oś liczbowa, ale tylko z białą ruchomą strzałką. Nad osią wyświetlać się będą cyfry. Poruszając myszą, wskaż za pomocą białej strzałki gdzie jest miejsce tej cyfry na osi. Nie musisz tego zadania wykonywać jak najszybciej, ważna jest jedynie dokładność wskazania miejsca liczby.

Zad. 7c: To zadanie będzie podobne do poprzedniego, tylko zamiast cyfr będą się nad osią wyświetlać zbiory kropek. Wskaż białą strzałką, gdzie na osi znajduje się liczba odpowiadająca liczbie kropek.

8. Wskazywanie miejsca liczby na osi bez podziałki – cyfry

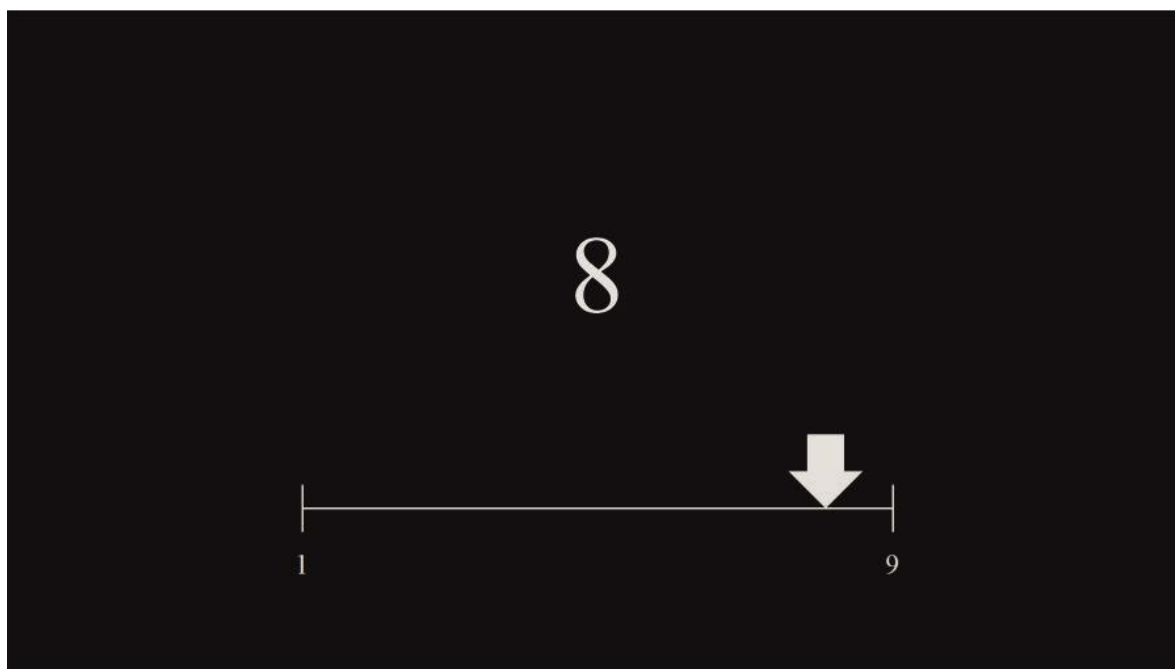
Cel: Ocena umiejętności szacowania miejsca liczby w formacie symbolicznym na osi bez podziałki (operowanie mentalną osią liczbową).

Bodźce i instrukcja: Na czarnym ekranie wyświetla się oś bez podziałki z granicznymi wartościami liczbowymi: 1 i 9 oraz cyfra z zakresu 1-9 – nad osią (rys. 14). Zadaniem dziecka jest wskazanie za pomocą wskaźnika (białej strzałki) miejsca na osi, gdzie jego zdaniem należy umieścić liczbę wyświetlaną powyżej. W zadaniu tym nie jest istotny czas odpowiedzi. Kontrolowana jest natomiast precyzja wskazania lokalizacji liczby na osi. Każda cyfra powtórzona jest 4 razy, a kolejność ich wyświetlania w zadaniu jest losowa.

Treść instrukcji dla dziecka (i uwagi do badającego): To zadanie jest podobne do dwóch poprzednich, ale tym razem na osi nie ma już liczb i podziałki. Jest tylko cyfra 1 i 9, czyli początek i koniec osi. Nad nią wyświetlać się będą cyfry, a Twoim zadaniem jest zdecydować, gdzie znajduje się ich miejsce na osi. Np. gdy nad osią pojawi się liczba 4, a ty wskażesz myszką (klikając) miejsce, gdzie znajduje się 4

na tej osi. Pamiętaj, że czas nie jest ważny. Liczy się tylko dokładność wskazania. Które miejsce odpowiadałoby najlepiej liczbie 4? [badający zachęca, by dziecko pokazało na ilustracji zamieszczonej na „planszy” z instrukcją, aby upewnić się, czy instrukcja do zadania jest jasna].

Mierzone wskaźniki: wielkość błędu odzwierciedlająca precyzję wskazania miejsca liczby na osi (wyrażona w jednostkach odpowiadających procentowi długości całej osi).



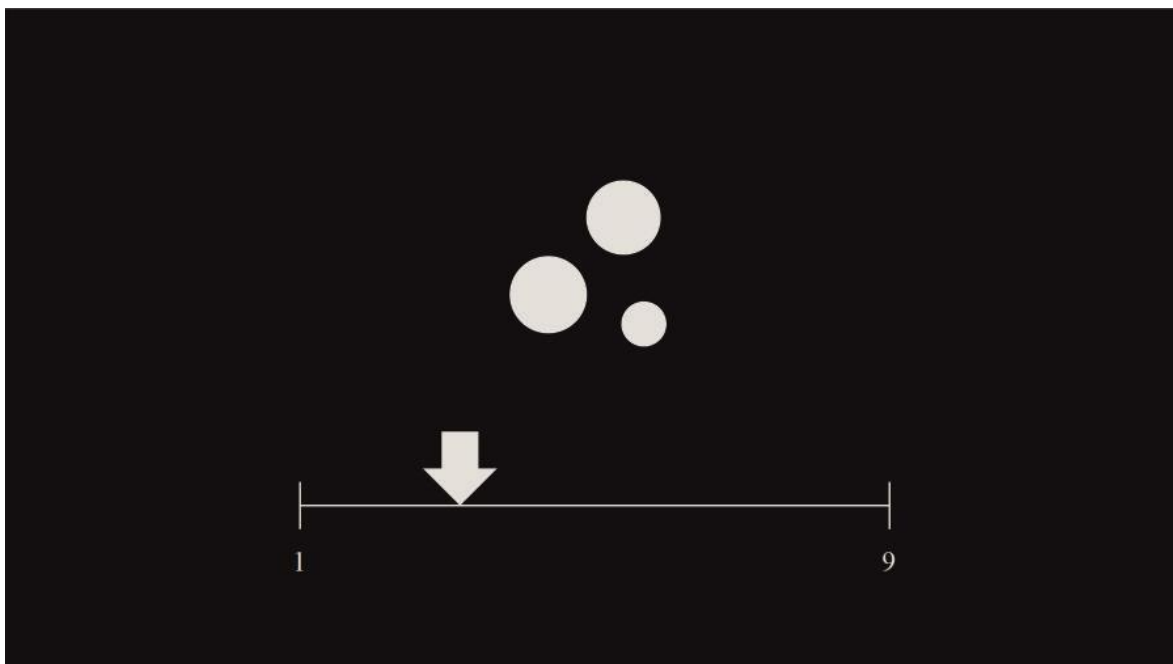
Rys. 14. Zadanie ze wskazywaniem miejsca cyfry na osi bez podziałki.

9. Wskazywanie miejsca liczby na osi bez podziałki – kropki

Cel: Ocena umiejętności szacowania miejsca liczby w formacie niesymbolicznym na osi bez podziałki (operowanie mentalną osią liczbową).

Bodźce i instrukcja: Na czarnym ekranie wyświetla się oś bez podziałki z granicznymi wartościami liczbowymi: 1 i 9 oraz liczba z zakresu 1-9 prezentowana nad osią w postaci zbioru kropek (rys. 15). Zadaniem dziecka jest wskazanie za pomocą wskaźnika (białej strzałki) miejsca na osi, gdzie jego zdaniem należy umieścić liczbę wyświetlaną powyżej. W zadaniu tym nie jest istotny (i nie jest mierzony) czas odpowiedzi. Kontrolowana jest natomiast precyzja wskazania lokalizacji liczby na osi. Każda liczba kropek powtórzona jest 4 razy, a kolejność ich wyświetlania w zadaniu jest losowa.

Treść instrukcji dla dziecka: *To zadanie jest takie samo jak poprzednie, ale nad osią wyświetlać się będą liczby w postaci zbiorów kropek, a Twoim zadaniem jest zdecydować, gdzie znajduje się miejsce tej liczby na osi. Np. nad osią pojawi się 7 kropek, a Ty wskażesz myszką (klikając) miejsce, gdzie znajduje się 7 na tej osi. Pamiętaj, że czas nie jest ważny. Liczy się tylko dokładność wskazania. Które miejsce odpowiadałoby najlepiej liczbie właściwej siedmiu kropkom?*



Rys. 15. Zadanie ze wskazywaniem miejsca liczby odpowiadającej liczebności kropek na osi bez podziałki.

Mierzone wskaźniki: wielkość błędu odzwierciedlająca precyzję wskazania miejsca liczby na osi.

O czym dodatkowo należy pamiętać?

Prowadząc badania z wykorzystaniem testu *Prokalkulia 6-9* należy mieć na uwadze, że dzieci wykonując tego typu zadania, po pierwsze stosują pewne poznawcze strategie mające na celu uzyskanie jak najlepszego wyniku, zaś po drugie – mogą odkrywać podczas badania sposoby na to, aby jak najszybciej zakończyć test i „mieć z głowy” całe badanie. Dlatego niezwykle ważne są: motywowanie dziecka (zob. **Zasady prowadzenia badania**) i dbałość, aby chciało wykonać wszystkie zadania najlepiej jak potrafi, a nie tylko jak najszybciej. Badania podczas konstrukcji testu pokazały, że niektóre dzieci potrafią bardzo szybko odkrywać metody na „przeklinanie” zadania, dlatego utrzymanie motywacji i przypomnienie, że należy odpowiadać jak najszybciej, ale też bezbłędnie (w zadaniach z porównywaniem), są niezwykle ważne.

Warto podczas badania obserwować, w jaki sposób dziecko podchodzi do poszczególnych zadań, czy przejawia korzystanie z jakichś strategii (można po badaniu je również o to zapytać i zanotować, jako uwagi dodatkowe, ponieważ mogą one być dla diagnosty cenną informacją), jakie ma sposoby na wykonanie zadań, szczególnie tych z osią liczbową (np. czy próbuje sobie jakoś tę oś podzielić na części, a jeśli tak to w jaki sposób).

Wymagania dotyczące sprzętu i instalacja:

Program można uruchomić na systemach Windows w wersji 7 lub nowszej. Wymagana jest platforma NET 4.0, która zostanie w razie potrzeby automatycznie zainstalowana.

W oknie interfejsu, klikając przycisk „Ustawienia” wybierając „Jak uzyskać licencję?” otrzymujemy informację o tym, w jaki sposób uzyskać numer licencyjny, a następnie wprowadzić go w celu uruchomienia testu.

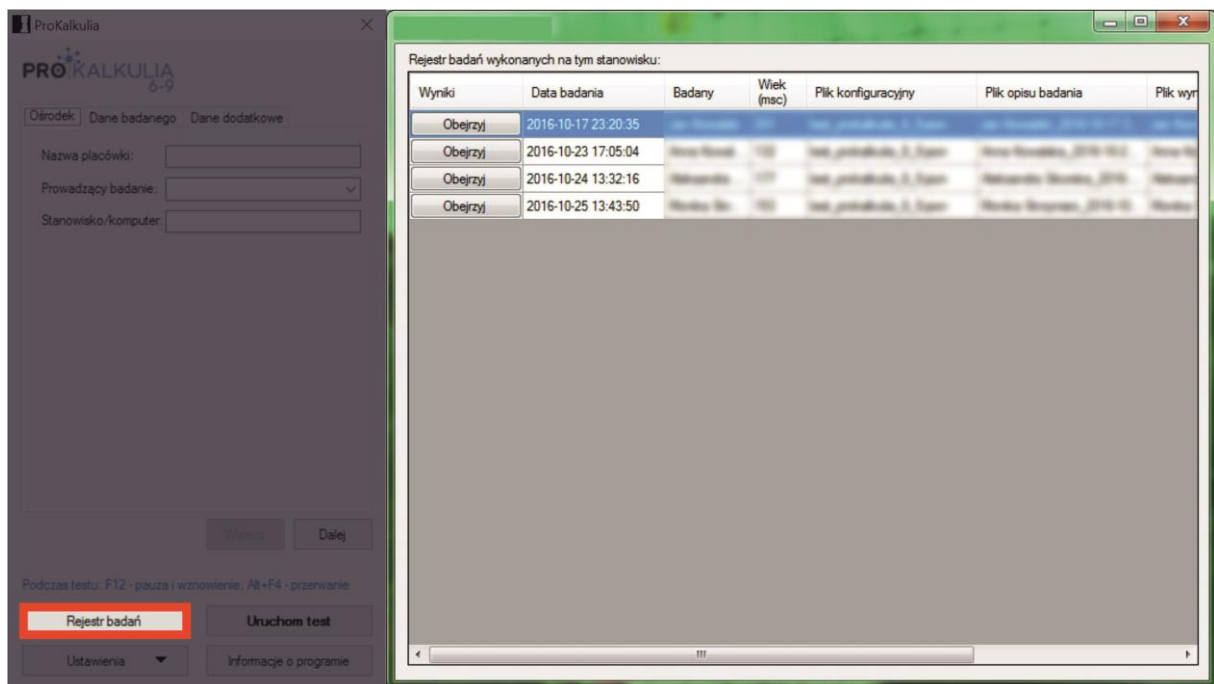
Wizualizacja wyników

Program oblicza i wyświetla uzyskane przez dziecko wyniki badania w postaci wartości liczbowych, prezentacji graficznych (wykresów ilustrujących czas, poprawność i precyzję odpowiedzi), szczegółowych statystyk opisowych oraz interpretacji wyników. Otwierając jej dane z Rejestru (rys. 16) można zobaczyć („Obejrzyj”) wizualizację wyników w następującej postaci:

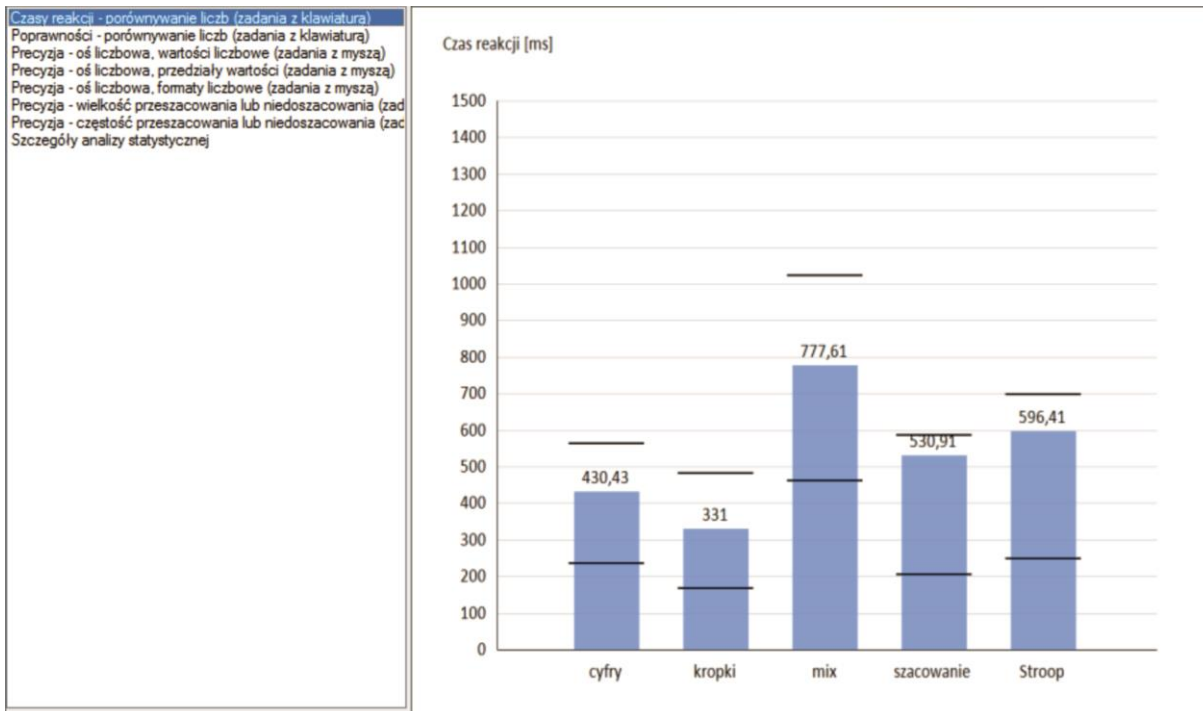
- Klikając na liście z lewej strony (rys. 17) **Czas reakcji - porównywanie liczb (zadania z klawiaturą)**, można zobaczyć mediany czasu reakcji w poszczególnych zadaniach na porównywanie liczb lub liczebności. Wyniki te są podane w formie wartości liczbowych (w milisekundach) oraz w postaci słupków (rys. 17). Są to mediany czasu reakcji dla każdego zadania z porównywaniem liczb/liczebności. Patrząc od lewej, są wartości dla zadań nr: 2 (porównywanie dwóch cyfr), 3 (porównywanie zbiorów kropek), 4 (porównywanie liczb w formacie mieszanym), 5 (szacowanie) i 6 (Stroop numeryczny). Na wykresie widoczne są również wartości wyznaczające przedział wyników przeciętnych dla dzieci w wieku 6-9 lat (czarne poziome kreski).
- Kolejna pozycja na liście to **Poprawność - porównywanie liczb**. Klikając w nią, widać słupki ilustrujące średni procent poprawnych odpowiedzi w wyżej wymienionych zadaniach oraz zaznaczone wartości wyznaczające przedział wyników przeciętnych (rys. 18).
- Następną pozycją jest **Precyzja - oś liczbowa (wartości liczbowe)**. Widać tu średnią wielkość błędów szacowania miejsca liczby na osi oddzielnie dla każdej liczby (łącznie dla cyfr i liczb w postaci kropek). Również tu zaznaczone są przedziały przeciętnej wielkości błędów (rys. 19).
- Klikając w kolejną pozycję **Precyzja - oś liczbowa (przedziały wartości)** przechodzimy do wykresów ilustrujących wielkość błędów szacowania, ale oddzielnie dla trzech kategorii: wartości liczbowych niskich (2 i 3), średnich (4,5,6) i wysokich (7 i 8). Należy zwrócić uwagę, że w obliczeniu średnich dla tych trzech kategorii nie uwzględniono liczb 1 i 9. Jest tak

dlatego, że liczby te są zaznaczone na osi, więc błąd ich wskazania jest zerowy lub niemal zerowy, więc wpłynąby znacząco na średnią dla całej kategorii (rys. 20).

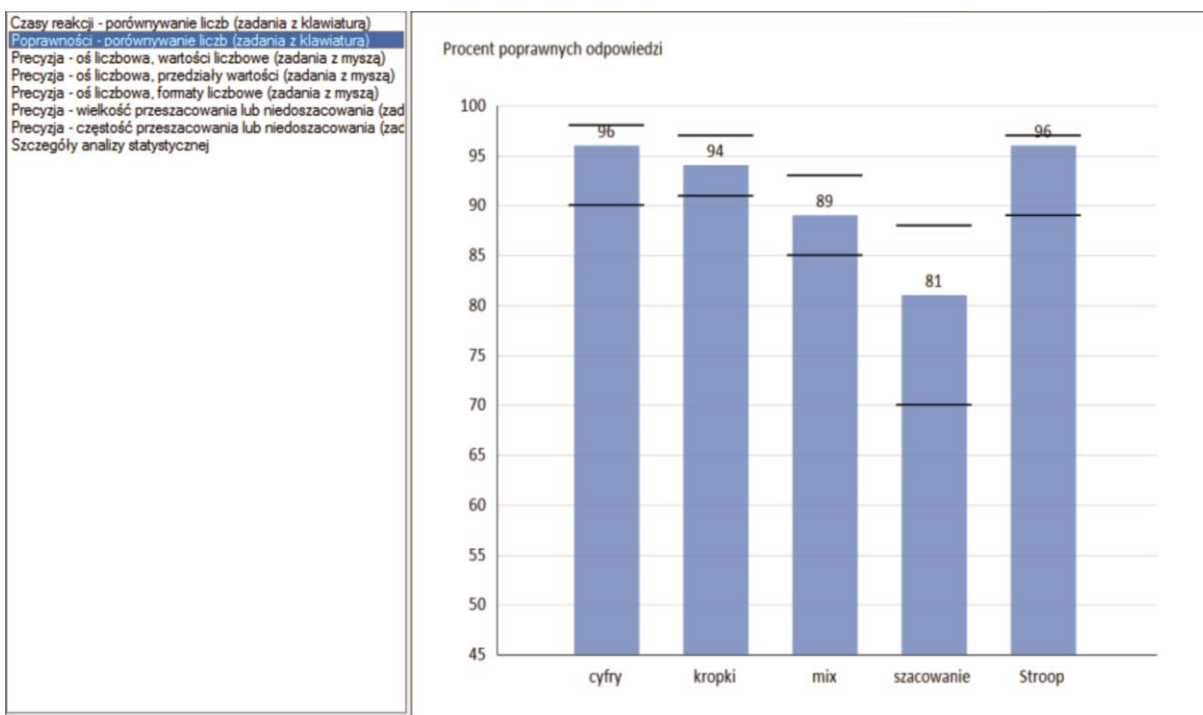
- Kolejny wynik, czyli **Precyzja - oś liczbowa (formaty liczb)**, to też wielkość błędu, lecz pokazany oddzielnie dla cyfr arabskich, zbiorów kropek oraz dla obu formatów łącznie (rys. 21).
- Klikając na liście **Precyzja - wielkość przeszacowania/niedoszacowania**, można zobaczyć o ile jednostek błędu dziecko przeszacowywało lub nie doszacowywało miejsce liczby na osi w trzech kategoriach: liczby niskie, średnie i wysokie (rys. 22). Pozwala to zorientować się, czy dziecko ma tendencję do większego przesuwania szacowanej lokalizacji liczby na prawo od jej właściwej lokalizacji czy raczej na lewo oraz w jaki sposób zależy to od wartości liczbowej.
- W pozycji **Precyzja - częstość przeszacowań/niedoszacowań** widać, w jakim odsetku próbek dziecko przeszacowało, a w jakim odsetku nie doszacowało miejsce liczby na osi (rys. 23).
- Przedostatnia pozycja na liście z lewej strony (**Szczegółowe dane statystyczne**) to szczegółowe wyniki analiz statystycznych. Jest to informacja dodatkowa, przydatna np. osobom, które np. zainteresowane są wykorzystaniem *Prokalkulii 6-9* do badań naukowych i bardziej szczegółowych analiz.



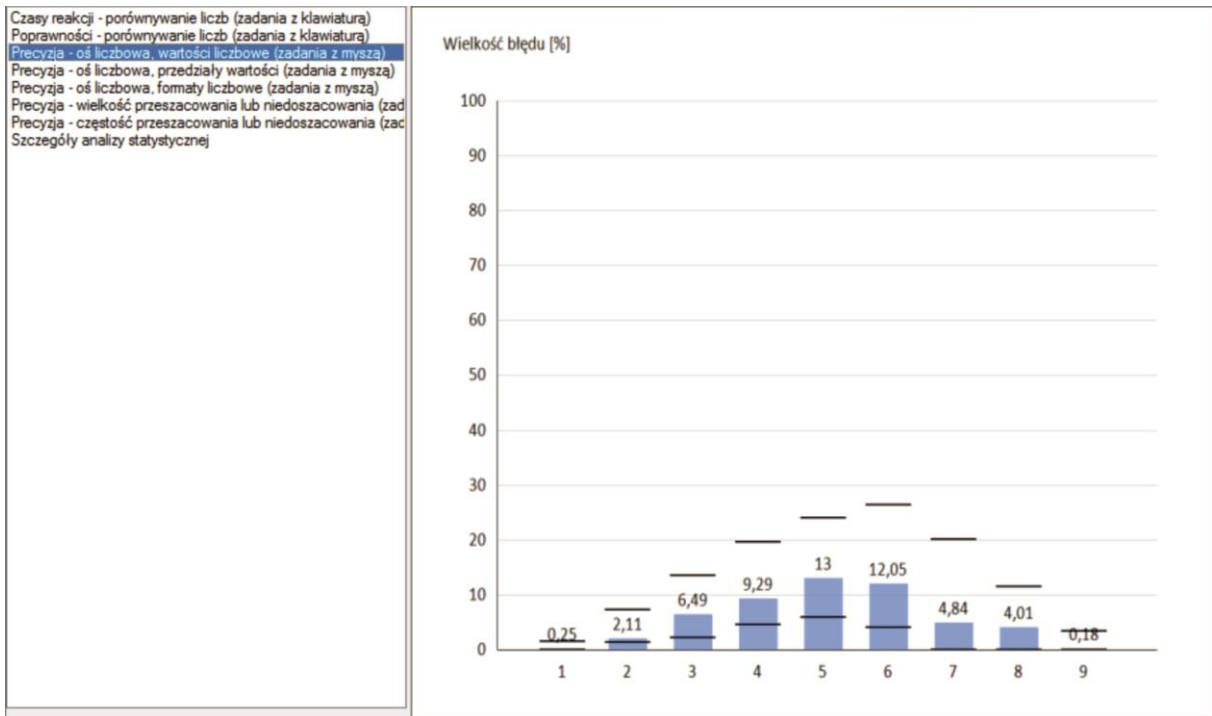
Rys. 16. Otwieranie danych z Rejestru.



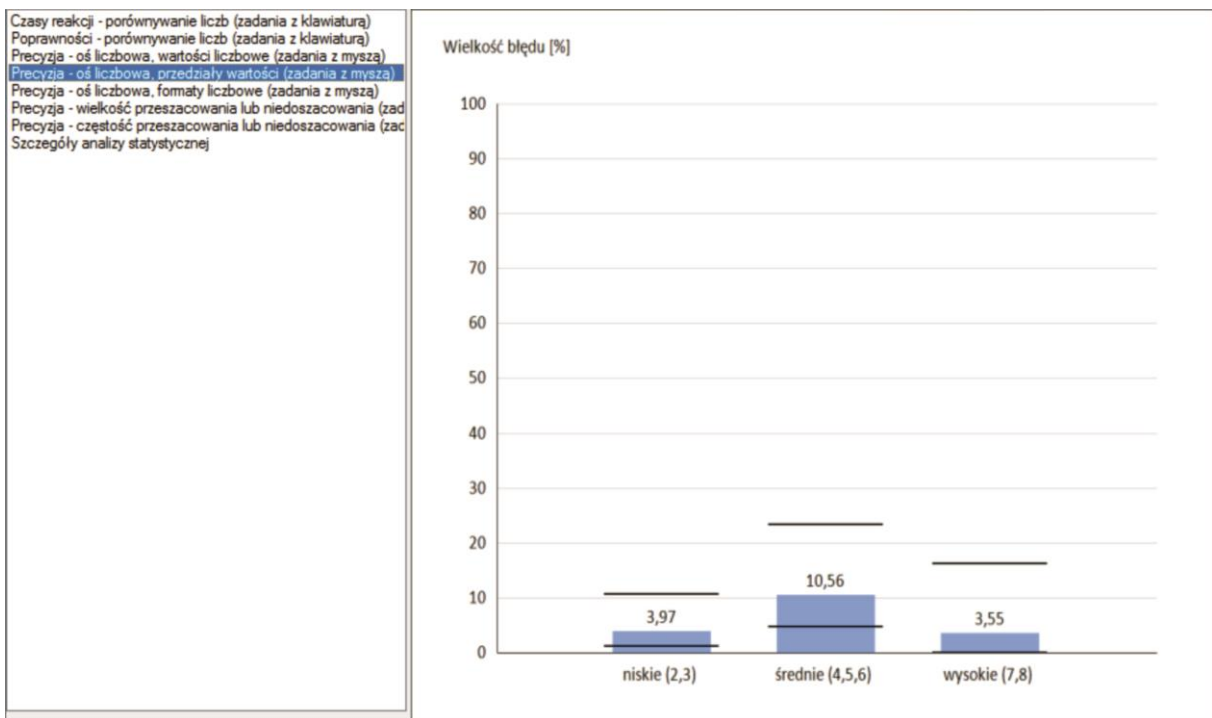
Rys. 17. Wykres ilustrujący mediany czasu reakcji w poszczególnych zadaniach



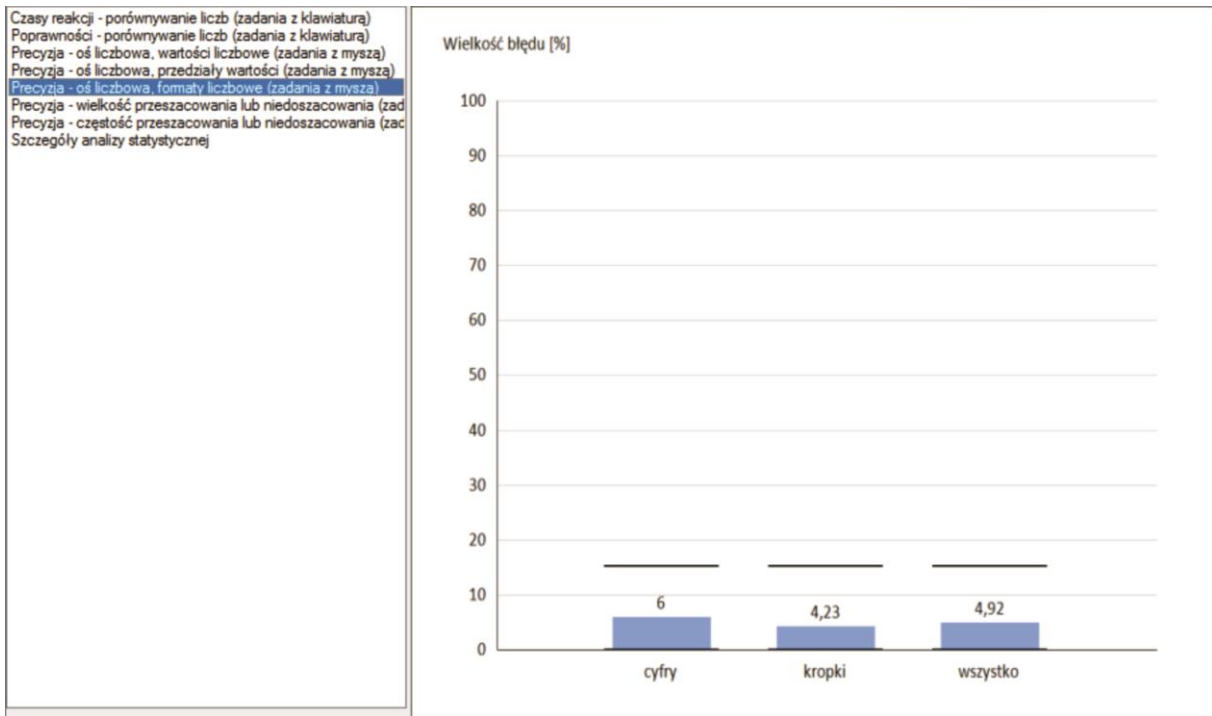
Rys. 18. Wykres ilustrujący procent poprawnych odpowiedzi w poszczególnych zadaniach



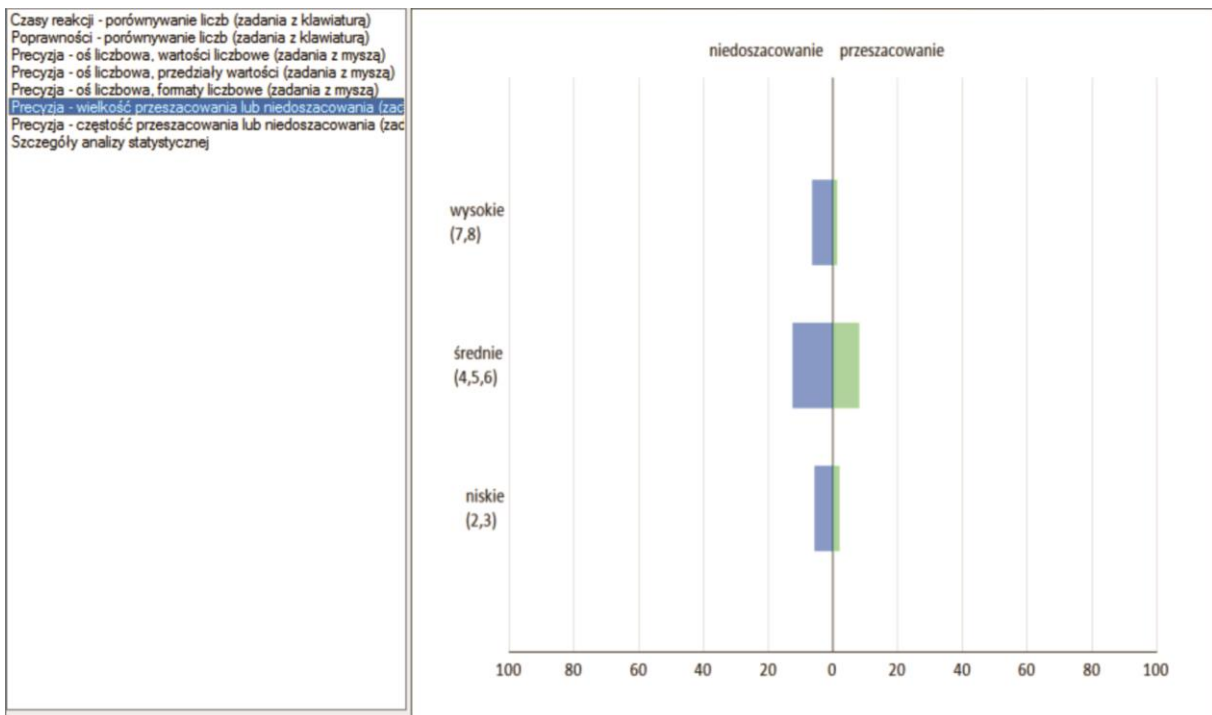
Rys. 19. Wykres ilustrujący wielkość błędu szacowania miejsca liczby na osi dla poszczególnych wartości liczbowych



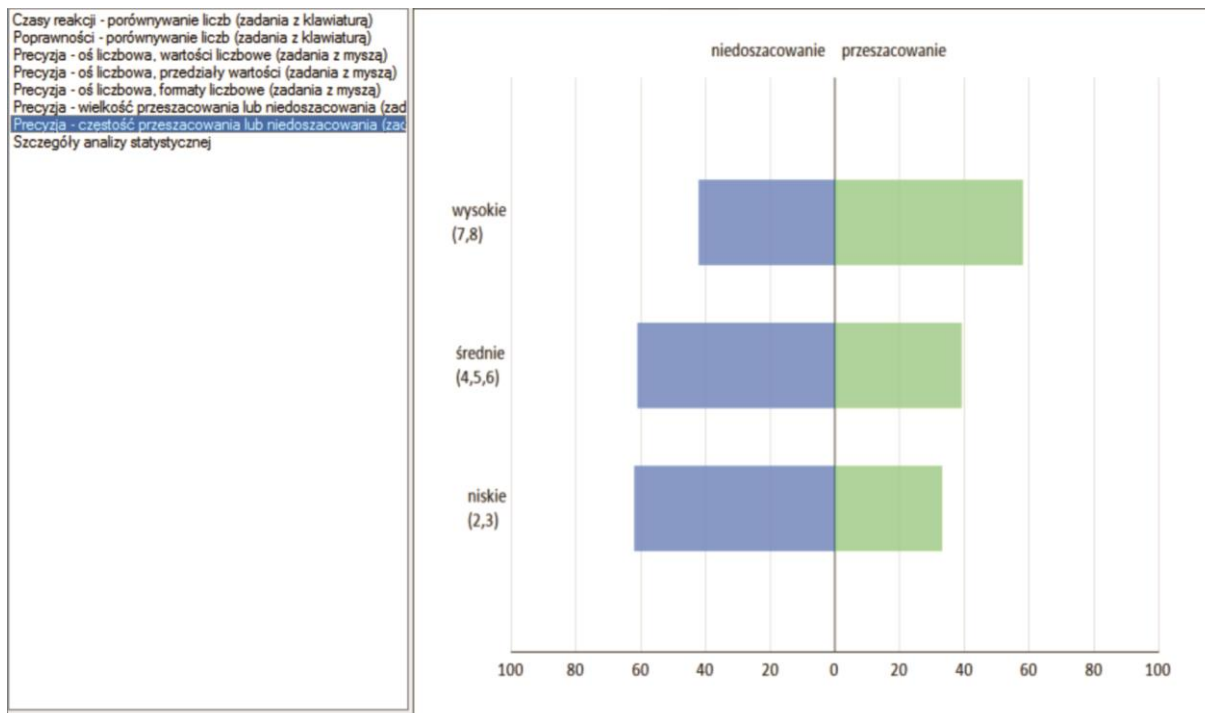
Rys. 20. Wykres ilustrujący wielkość błędu szacowania miejsca liczby na osi dla trzech kategorii wartości liczbowych.



Rys. 21. Wykres ilustrujący wielkość błędu szacowania miejsca liczby na osi dla cyfr, liczby kropek oraz dla obu formatów łącznie.



Rys. 22. Wykres ilustrujący wielkość przeszacowania i niedoszacowania miejsca liczby na osi dla trzech kategorii wartości liczbowych.



Rys. 23. Wykres ilustrujący, w jakim odsetku próbek dokonano przeszacowania i niedoszacowania miejsca liczby na osi dla trzech kategorii wartości liczbowych.

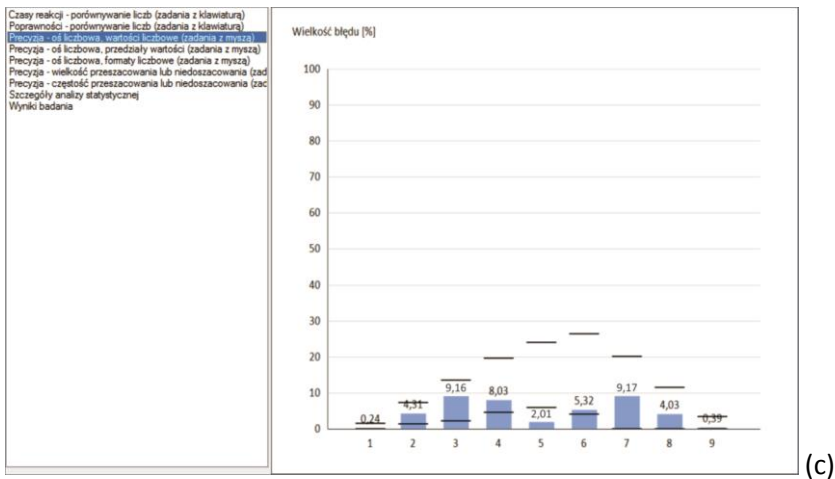
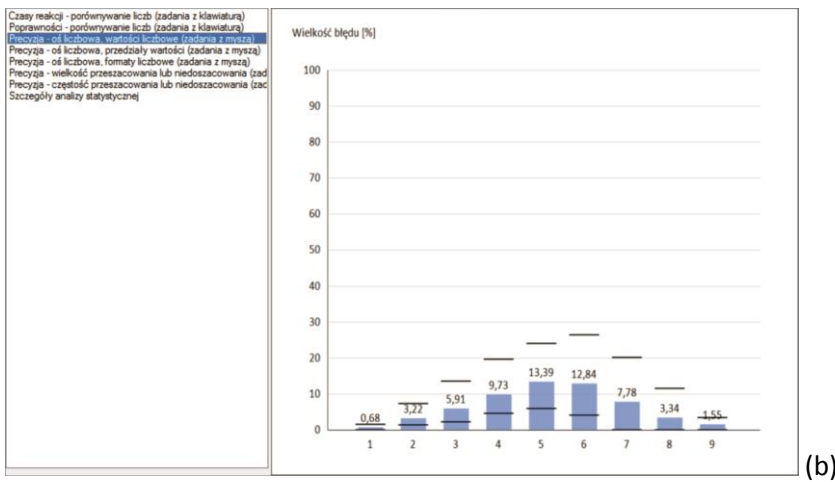
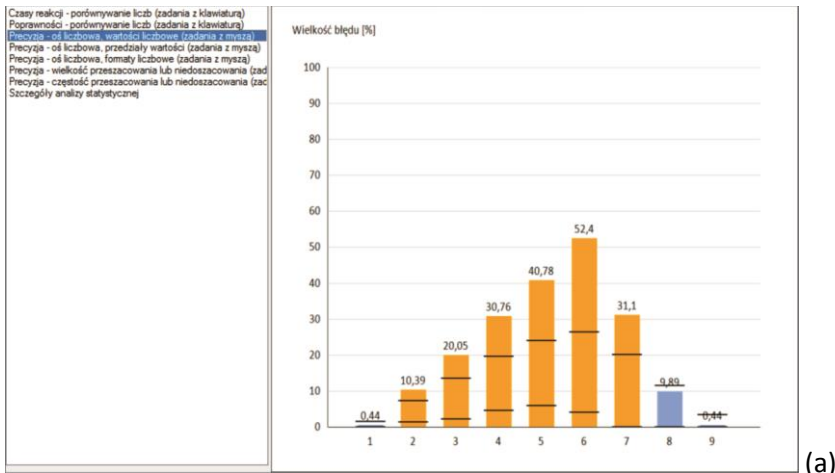
Na końcu (wyświetla się podsumowanie wyniku badania dziecka, wraz z jego danymi, danymi osoby badającej oraz interpretacją wyniku i sugestiami dalszej pracy z dzieckiem (zob. **Interpretacja otrzymanego wyniku**).

W przypadku wszystkich wykresów, wynik gorszy niż przeciętny (w odniesieniu do czasu reakcji – dłuższy niż przeciętny, w odniesieniu do procentu poprawnych odpowiedzi – mniejszy procent niż przeciętny, w odniesieniu do wielkości błędu szacowania miejsca liczby na osi – większy błąd niż przeciętny) jest sygnalizowany zmianą koloru słupków – z niebieskiego na żółty (zob. rys. 24a).

Interpretacja otrzymanego wyniku

Program, w zależności od otrzymanych wartości czasu reakcji, procentu poprawnych odpowiedzi oraz wielkości błędu szacowania miejsca liczby na osi w poszczególnych zadaniach, generuje interpretację wyniku. Na interpretację składa się informacja o słabych i mocnych stronach dziecka, a profil ten przekłada się na ewentualną sugestię ryzyka deficytu (lub jego brak). Wynik końcowy to także wskazówki do dalszej pracy z dzieckiem (na co należy położyć nacisk, na co zwrócić uwagę, co warto ćwiczyć i która sfera przetwarzania materiału numerycznego wymaga ewentualnej interwencji). Końcowy wynik generuje się w postaci pliku tekstowego, który można wydrukować i dołączyć do

dokumentacji dziecka. Przykładowe wyniki (fikcyjne) przedstawiają Załączniki nr 1 i 2 do podręcznika. Autorzy testu sugerują, aby poza zapoznaniem się z wynikiem, prześledzić wizualizacje w postaci szczegółowych wykresów, ponieważ zawierają one istotne informacje dotyczące np. strategii stosowanych przez dziecko, co też może stanowić punkt wyjścia do pracy terapeutycznej lub działań edukacyjnych z dzieckiem. Przykładowe profile wyników, które odzwierciedlają określone strategie szacowania miejsca liczby na osi przedstawiają wykresy na rys. 24 a,b,c. Na wykresie (a) przedstawiono wyniki dziecka, u którego nieprawidłowe ukształtowanie przestrzennej reprezentacji liczb. Wielkość błędu dla poszczególnych wartości liczbowych jest rezultatem lokalizowania prawie wszystkich wartości blisko lewego krańca osi. Jedynie miejsce liczby „8” szacowało w pobliżu krańca prawego. Wykres (b) ilustruje wyniki sugerujące umieszczanie wartości liczbowych w pewnych odległościach od prawego i lewego krańca, ale bez zachowania podziału osi na równe części (oraz szacowania miejsca liczby „5” na środku). Sugeruje to, że dziecko „odmierza” odległości dla lokalizacji poszczególnych liczb zaczynając od wartości „1” i „9”, co skutkuje brakiem reprezentacji środkowych wartości na środku osi. Wykres na rys 23c ilustruje strategię najbliższą tej najbardziej dojrzałej (i obecnej również u starszych zdrowych dzieci oraz u dorosłych). Mała wielkość błędu dla wartości „5” i większe dla „4” i „6”, malejące wraz ze zbliżaniem się do wartości na lewym i prawym krańcu, świadczą o strategii polegającej na dzieleniu osi na pół i umieszczaniu liczb podobnych odległościach od siebie. Taki profil wyników sugeruje, że dziecko dzieli oś na pół a następnie obie połowy na odpowiednią liczbę odcinków, co skutkuje mniejszym błędem szacowania dla wartości bliskich tych punktów „orientacyjnych” (środku i krańców) i nieco większym dla wartości znajdujących się pomiędzy nimi.



Rys. 24. Wykresy przedstawiające wyniki ilustrujące przykładowe strategie we wskazywaniu miejsca liczb na osi bez podziałki (szczegółowy opis w tekście).

Bibliografia

- Ansari, D. (2008) Effects of development and enculturation on number representation in the brain. *Nature Review Neuroscience*, 9, 278-291.
- von Aster, M.G., Shalev, R.S. (2007). Number development and developmental dyscalculia. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 49(11), 868-873.
- Bachot J., Gevers W., Fias W., Roeyers H. (2005) Number sense in children with visuospatial disabilities: Orientation of the mental number line. *Special Issue of Psychology Science*, 47, 172–183.
- Buckley P. B., Gillman C. B. (1974) Comparisons of digits and dot patterns. *Journal of Experimental Psychology*, 103, 1131-1136.
- Butterworth, B. (2003). *Dyscalculia Screener by Brian Butterworth. Highlighting pupils with specific learning difficulties in maths.* nferNelson Publishing Company Limited, Londyn.
- Butterworth, B. (2005) The development of arithmetical abilities. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 46(1), 3–18
- Butterworth B., Varma S., Laurillard D. (2011) Dyscalculia: From Brain to Education. *Science*, 332, 1049-1053.
- Cangöz, B., Altun, A., Olkun, S., Kacar, F. (2013). Computer Based Screening Dyscalculia: Cognitive and Neuropsychological Correlates. *Turkish Online Journal of Educational Technology*, 12(3).
- Capeletti M., Muggleton N., Walsh V. (2009) Quantity without numbers and numbers without quantity in the parietal cortex. *Neuroimage*, 46, 522-9.
- Cao B., Li F., Li H. (2010) Notation-dependent processing of numerical magnitude: electrophysiological evidence from Chinese numerals. *Biological Psychology*, 83, 47-55.
- Castelli, F., Glaser, D. E., Butterworth, B. (2006) Discrete and analogue quantity processing in the parietal lobe: a functional MRI study, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103, 4693-4698.
- Dehaene S. (1992) Varieties of numerical abilities. *Cognition*, 44, 1-42.
- Dehaene, S. (2011). *Number sense. How the mind creates mathematics.* Oxford University Press.
- Dehaene S., Bossini S., Giraux P. (1993) The mental representation of parity and number magnitude. *Journal of Experimental Psychology*, 122, 371-396.
- Dehaene, S., Dehaene-Lambertz, G., Cohen, L. (1998). Abstract representations of numbers in the animal and human brain. *Trends in Neuroscience*, 21, 355-361.
- Dehaene S, Piazza M, Pinel P, Cohen L (2003). Three parietal circuits for number processing. *Cognitive Neuropsychology*, 20, 487-506.
- Dinkel P. J., Willmes K., Krinziger H., Konrad K., Koten Jr J. W. (2013) Diagnosing Developmental Dyscalculia on the Basis of Reliable Single Case fMRI Methods: Promises and Limitations, *PLoS ONE*, 8, 1-15
- Duncan E., McFarland C. (1980) Isolating the effects of symbolic distance and semantic congruity in comparative judgments: An additive-factors analysis. *Memory & Cognition*, 8, 612–622.
- Eger E., Sterzer P., Russ M.O., Giraud A.L., Kleinschmidt A. (2003) A supramodal number representation in human intraparietal cortex. *Neuron*, 37, 719-725.

- Feigenson L., Dehaene S., Spelke E. (2004) *Core systems of number. Trends in Cognitive Sciences*, 8, 307-14
- Fias W., Fischer M.H. (2005) Spatial representation of number. [In:] J. I. D. Campbell (Ed.) *Handbook of Mathematical Cognition*, str. 43-54. New York and Hove: Psychology Press.
- Fischer M. H., Castel A. D. Dodd, M. D. Pratt, J. (2003) Perceiving numbers causes spatial shifts of attention. *Nature Neuroscience*, 6, 555-556.
- Fischer M.H., Shaki S. (2014) Spatial associations in numerical cognition—From single digits to arithmetic. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 67(8), 1461-1483.
- van Galen M., Reitsma, P. (2008) Developing access to number magnitude: A study of the SNARC effect in 7- to 9-year-olds. *Journal of Experimental Child Psychology*, 101, 99–113.
- Geary D. C. (1993) *Mathematical disabilities: Cognitive, neuropsychological, and genetic components. Psychological Bulletin*, 114, 345-362 .
- Geary D. C., Hoard M. K., Byrd-Craven J., DeSoto C. M. (2004) Strategy choices in simple and complex addition: Contributions of working memory and counting knowledge for children with mathematical disability. *Journal of Experimental Child Psychology*, 88, 121.
- Geary D. C., Hoard M. K., Nugent L., Byrd-Craven J. (2008) Development of number line representations in children with mathematical learning disability. *Developmental Neuropsychology*, 33, 277–299.
- Gebuis, T., Reynvoet, B. (2011) Generating non-symbolic number stimuli. *Behavior and Research Methods*, 43(4), 981-986.
- Gilmore C. K., McCarthy S. E., Spelke E. S. (2007). *Symbolic arithmetic knowledge without instruction. Nature*, 447, 589-591
- Göbel S.M., Calabria M., Farnè A., Rossetti Y. (2006) Parietal rTMS distorts the mental number line: simulating 'spatial' neglect in healthy subjects. *Neuropsychologia*, 44, 860-8.
- Gut, M. (2016). *Komputerowe gry matematyczne jako narzędzie edukacyjne i terapeutyczne*. [W:] M. Suchacka (red.) *Cywilizacja zabawy, rozrywki i wypoczynku*. Wydawnictwo E-bookowo, str. 59-88.
- Gut, M. i Staniszewski, R. (2016). The SNARC effect in number memorization and retrieval. What is the impact of congruency, magnitude and the exact position of numbers in short-term memory processing? *Advances in Cognitive Psychology*, 12(4), 192-207.
- de Hevia, M. D., Spelke, E. S. (2010) Number-space mapping in human infants. *Psych Science*, 21, 653–660.
- Hubbard E.M., Piazza M., Pinel P., Dehaene S. (2005) Interactions between number and space in parietal cortex. *Nature Review of Neuroscience*, 6, 435-448.
- Isaacs E.B., Edmonds C.J., Lucas A., Gadian D.G. (2001) Calculation difficulties in children of very low birthweight: a neural correlate. *Brain*, 124, 1701-1707.
- Jaśkowski, P. (2009) *Nauka poznawcza. Jak mózg tworzy umysł*. Vizja Press & IT, Warszawa.
- Kucian K., Grond U., Rotzer S., Henzi B., Schönmann C., Plangger F., Gälli M., Martin E., von Aster M. (2011) Mental number line training in children with developmental dyscalculia. *Neuroimage*, 57, 782-95.
- Kucian K., Loenneker T., Dietrich T., Dosch M., Martin E., von Aster M. (2006) Impaired neural networks for approximate calculation in dyscalculic children: a functional MRI study. *Behavioral & Brain Functions*, 2, 31.

- Landerl K., Bevan A., Butterworth B. (2004) Developmental dyscalculia and basic numerical capacities: A study of 8–9-year-old students. *Cognition*, 93, 99–125.
- Link, T., Moelle, K., Huber, S., Fischer, U., Nuerk, H-C. (2013). Walk the number line – An embodied training of numerical concepts. *Trends in Neuroscience & Education*, 2, 74-84.
- Lonnemann J., Krinzinger H., Knops A., Willmes K. (2008) Spatial representations of numbers in children and their connection with calculation abilities. *Cortex*, 44, 420-428.
- Molko N., Cachia A., Riviere D., Mangin J.F., Bruandet M., Le Bihan D., Cohen L., Dehaene S. (2003) Functional and structural alterations of the intraparietal sulcus in a developmental dyscalculia of genetic origin. *Neuron*, 40, 847-858.
- Moyer R.S., Landauer, T.K. (1967) Time required for judgments of numerical inequality. *Nature*, 215, 1519–1520.
- Mussolin C., Mejias S., Noël M.P. (2010) Symbolic and nonsymbolic number comparison in children with and without dyscalculia. *Cognition*, 115, 10-25.
- Nuerk, H. -C., Moeller, K., Klein, E., Willmes, K., Fischer, M. (2011). Extending the Mental Number Line. A Review of Multi-Digit Number Processing. *Journal of Psychology*, 219, 3-22.
- Patro K., Haman M. (2012) The spatial-numerical congruity effect in preschoolers. *Journal of Experimental Child Psychology*, 111, 534-542.
- Patro K., Nuerk H.-Ch., Cress U., Haman M. (2014) How numberspace relationships are assessed before formal schooling: A taxonomy proposal. *Frontiers of Psychology*, 5, 419.
- Piazza M., Facoetti A., Trussardi A.N., Berteletti I., Conte S., Lucangeli D., Dehaene S., Zorzi M. (2010) *Developmental trajectory of number acuity reveals a severe impairment in developmental dyscalculia.* *Cognition*, 116, 33-41.
- Ranpura A., Isaacs E., Edmonds C., Rogers M., Lanigan J., Singhal A., Clayden J., Clark C., Butterworth B. (2013) *Developmental trajectories of grey and white matter in dyscalculia.* *Trends in Neuroscience and Education*, 2, 56-64.
- Rotzer S., Kucian K., Martin E., von Aster M., Klaver P., Loenneker T. (2008) Optimized voxel-based morphometry in children with developmental dyscalculia. *Neuroimage*, 39, 417-22.
- Rousselle L., Noël M.-P. (2007) Basic numerical skills in children with mathematics learning disabilities: A comparison of symbolic vs. nonsymbolic number magnitude processing. *Cognition*, 102, 361-395.
- Rykhlevskaia E., Uddin L.Q., Kondos L., Menon V. (2009). Neuroanatomical correlates of developmental dyscalculia: combined evidence from morphometry and tractography. *Frontiers in Human Neuroscience*, 3, 51.
- S. Shaki, M. H. Fischer, W. M. Petrusic, (2009) Reading habits for both words and numbers contribute to the SNARC effect, *Psychonomic Bulletin & Review*, 16(2), 328-331.
- Shalev R. S. (2007) Prevalence of developmental dyscalculia. [In:] D. B. Berch & M. M. M. Mazzocco (Eds.), *Why is math so hard for some children? The nature and origins of mathematical learning difficulties and disabilities*, str. 49–60. Baltimore, MD: Paul H. Brookes Publishing Co.
- Wilson A.J., Dehaene S., Dubois O., Fayol M. (2009) Effects of an Adaptive Game Intervention on Accessing Number Sense in Low- Socioeconomic-Status Kindergarten Children. *Mind, Brain, and Education*, 3, 224-234.
- Zorzi M., Priftis K., Umiltà C. (2002) Neglect disrupts the mental number line. *Nature*, 417, 138–139.

Załącznik 1

<p>Czasy reakcji - porównywanie liczb (zadania z klawiaturą) Poprawności - porównywanie liczb (zadania z klawiaturą) Precyzja - oś liczbowa, wartości liczbowe (zadania z myszą) Precyzja - oś liczbowa, przedziały wartości (zadania z myszą) Precyzja - oś liczbowa, formaty liczbowe (zadania z myszą) Precyzja - wielkość przeszacowania lub niedoszacowania (zadania z myszą) Precyzja - częstość przeszacowania lub niedoszacowania (zadania z myszą) Szczegóły analizy statystycznej</p> <p>Wyniki badania</p>	<p>Imię i nazwisko dziecka: ██████████ Wiek dziecka: 6 lat i 1 miesiąc Data badania: 2016-09-27 11:12:33 Nazwa placówki: ██████████ Imię i nazwisko prowadzącego badanie: ██████████</p> <p>Chłopiec ██████████ w poszczególnych zadaniach uzyskał następujące wyniki:</p> <p>PORÓWNYWANIE LICZB (Gdzie jest więcej?): Porównywanie - cyfry: czas reakcji jest w normie (304,52 ms), poprawność jest przeciętna (94%) Porównywanie - kropki: czas reakcji jest w normie (434,25 ms), poprawność jest poniżej przeciętnej (89%) Porównywanie - mieszane formaty: czas reakcji jest w normie (542,37 ms), poprawność jest poniżej przeciętnej (82%) Porównywanie - szacowanie: czas reakcji jest krótszy niż wartość przeciętna (11,1 ms), poprawność jest poniżej przeciętnej (55%) Porównywanie - szacowanie: czas reakcji jest w normie (557,76 ms), poprawność jest poniżej przeciętnej (82%)</p> <p>OŚ LICZBOWA: Przestrzenna precyzja odpowiedzi - przedziały wartości: Niskie (2, 3) - powyżej przeciętnej (13,27%) Średnia (4, 5, 6) - przeciętna (18,49%) Wysokie (7, 8) - powyżej przeciętnej (27,92%)</p> <p>INTERPRETACJA: Szybko i poprawnie porównuje liczby w formie arabskiej. Wolno i błędnie porównuje małe zbiory kropek. Wolno i błędnie porównuje liczby w formie mieszanej. Wolno i błędnie porównuje duże zbiory kropek. Wolno i błędnie porównuje liczby o różnych rozmiarach (Stroop). Nieprecyzyjnie wskazuje na osi liczby o niskich wartościach (2, 3). Precyzyjnie wskazuje na osi liczby o średnich wartościach (4, 5, 6). Nieprecyzyjnie wskazuje na osi liczby o wysokich wartościach (7, 8).</p> <p>OPINIA: Chłopiec wykazuje trudności w zakresie porównywania liczb w formie symbolicznej i niesymbolicznej oraz szacowania. Wysokie ryzyko deficytów w zakresie przetwarzania umysłowych reprezentacji liczb. Wskazana praca w zakresie wszystkich wspomnianych obszarów. Ponadto, w zadaniach z zakresu przetwarzania relacji liczbowo-przestrzennych wykazuje znaczące trudności w określaniu pozycji przestrzennej niskich i wysokich wartości liczbowych. Znaczne ryzyko deficytów w zakresie przetwarzania relacji liczbowo-przestrzennych. Wskazana praca z dzieckiem w wymienionych obszarach.</p>
---	---

Załącznik 2

<p>Czasy reakcji - porównywanie liczb (zadania z klawiaturą) Poprawności - porównywanie liczb (zadania z klawiaturą) Precyzja - oś liczbowa, wartości liczbowe (zadania z myszą) Precyzja - oś liczbowa, przedziały wartości (zadania z myszą) Precyzja - oś liczbowa, formaty liczbowe (zadania z myszą) Precyzja - wielkość przeszacowania lub niedoszacowania (zadania z myszą) Precyzja - częstość przeszacowania lub niedoszacowania (zadania z myszą) Szczegóły analizy statystycznej</p> <p>Wyniki badania</p>	<p>Imię i nazwisko dziecka: ██████████ Wiek dziecka: 6 lat i 7 miesięcy Data badania: 2016-11-04 09:35:28 Nazwa placówki: ICNT Imię i nazwisko prowadzącego badanie: ██████████</p> <p>Dziewczynka ██████████ w poszczególnych zadaniach uzyskała następujące wyniki:</p> <p>PORÓWNYWANIE LICZB (Gdzie jest więcej?): Porównywanie - cyfry: czas reakcji jest krótszy niż wartość przeciętna (101,4 ms), poprawność jest przeciętna (98%) Porównywanie - kropki: czas reakcji jest krótszy niż wartość przeciętna (101,4 ms), poprawność jest powyżej przeciętnej (100%) Porównywanie - mieszane formaty: czas reakcji jest krótszy niż wartość przeciętna (210,6 ms), poprawność jest powyżej przeciętnej (97%) Porównywanie - szacowanie: czas reakcji jest krótszy niż wartość przeciętna (132,6 ms), poprawność jest powyżej przeciętnej (93%) Porównywanie - szacowanie: czas reakcji jest krótszy niż wartość przeciętna (117 ms), poprawność jest przeciętna (96%)</p> <p>OŚ LICZBOWA: Przestrzenna precyzja odpowiedzi - przedziały wartości: Niskie (2, 3) - przeciętna (4,85%) Średnia (4, 5, 6) - poniżej przeciętnej (4,17%) Wysokie (7, 8) - przeciętna (4,83%)</p> <p>INTERPRETACJA: Szybko i poprawnie porównuje liczby w formie arabskiej. Szybko i poprawnie porównuje małe zbiory kropek. Szybko i poprawnie porównuje liczby w formie mieszanej. Szybko i poprawnie porównuje duże zbiory kropek. Szybko i poprawnie porównuje liczby o różnych rozmiarach (Stroop). Precyzyjnie wskazuje na osi liczby o niskich wartościach (2, 3). Precyzyjnie wskazuje na osi liczby o średnich wartościach (4, 5, 6). Precyzyjnie wskazuje na osi liczby o wysokich wartościach (7, 8).</p> <p>OPINIA: Dziewczynka nie wykazuje problemów w zakresie porównywania liczb, szacowania i uwagi wykonawczej. Brak ryzyka deficytów w zakresie przetwarzania umysłowych reprezentacji liczb. Ponadto, w zadaniach z zakresu przetwarzania relacji liczbowo-przestrzennych nie wykazuje trudności w określaniu pozycji przestrzennej wartości liczbowych.</p>
---	---

ISBN 978-83-931708-1-4

