



IZABELLA KUCHARCZYK

Akademia Pedagogiki Specjalnej im. M. Grzegorzewskiej
w Warszawie

Rozumowanie przez analogie oparte na materiale geometrycznym u uczniów niewidomych

ABSTRACT: Izabella Kucharczyk, *Rozumowanie przez analogie oparte na materiale geometrycznym u uczniów niewidomych* [Analogical reasoning based on geometric material in blind pupils]. Interdyscyplinarne Konteksty Pedagogiki Specjalnej, nr 21, Poznań 2018. Pp. 227-245. Adam Mickiewicz University Press. ISSN 2300-391X. DOI: <https://doi.org/10.14746/ikps.2018.21.12>

Analogical reasoning constitutes one of the ways the blind get to know the world; it enriches information and influences thinking.

The purpose of the article is the presentation of results of research on reasoning using geometric analogies in blind pupils aged 10, 12 and 14. The study encompassed a group of 63 blind pupils and 63 seeing pupils. The study used the twelve series B matrices from the Progressive Matrices of John C. Raven. A detailed analysis of the dependencies between the variables permitted the determination of differences between groups of pupils in terms of reasoning using geometric analogies.

KEY WORDS: analogical reasoning, blind pupils, geometric analogies

Wprowadzenie

Analogia jest pojęciem używanym w różnych codziennych sytuacjach. Gdyby człowiek pozbawiono możliwości korzystania z analogii, najprawdopodobniej nie poradziłby sobie z przyswajaniem nowej wiedzy.

Termin „analogia” jest pochodzenia greckiego αναλογία. Składa się z przysłówka *an, ana* (αν, ανα) i odnosi się do stopnia powielenia, np. dwukrotnie, trzykrotnie. Drugi składnik tego pojęcia to rzeczownik *logos* (λογος), pochodzący od czasownika *legin* (λεγειν), co oznacza *składać, mówić*. Etymologicznie pojęcie „analogia” jest stanem odnoszącym się do bytowania określonej rzeczy lub też dowodzeniem o niej.

Przeglądu literatury przedmiotu na temat różnych ujęć pojęcia „analogia” dokonali Zdzisław Chlewiński, Andrzej Falkowski i Piotr Francuz¹. Znane są dwa podejścia odnośnie definiowania tego terminu. Pierwsze to podejście strukturalne, inaczej syntaktyczne, zakładające, że analogia jest czymś równoważącym pomiędzy dwoma obiektami lub zdarzeniami. Pozwala ona na analizę relacji pomiędzy wybranymi elementami jakiegoś zdarzenia. Ta analiza może odnosić się do elementów dostępnych na drodze percepcji bądź też składowych danego zdarzenia, które są niedostępne bezpośrednio naszemu poznaniu. Drugie podejście – funkcjonalne, inaczej pragmatyczne, wyjaśnia „analogię” w nieco odmienny sposób. Analogia, zdaniem zwolenników tego ujęcia, odnosi się przede wszystkim do szukania związków pomiędzy elementami zewnętrznymi, wychodzącymi poza zakres dotyczący badanego zdarzenia. Proces analogizowania, czyli porównywania zdarzeń, jest możliwy w momencie, kiedy pojawia się gotowość do myślenia w kategoriach przyczynowo skutkowych.

Zdaniem Edwarda Nęcki, Jarosława Orzechowskiego i Błażeja Szymury² analogia jest pewnym transferem pomiędzy różnymi dziedzinami nauki. Transfer może być pozytywny (kiedy jednostka pogłębia wiedzę i wykorzystuje różne techniki, aby rozwiązać napotkany problem) lub też negatywny (w tym przypadku zastosowanie podobnych technik w zbliżonych sytuacjach problemowych jest mało skuteczne).

¹ Z. Chlewiński, A. Falkowski, P. Francuz, *Wnioskowanie przez analogię w procesach kategoryzacji*, Wydawnictwo Towarzystwo Naukowe KUL, Lublin 1995, s. 25-38.

² E. Nęcka, J. Orzechowski, B. Szymura, *Psychologia poznawcza*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2006, s. 474-478.

Analogia jest podstawą do wyciągania pewnych wniosków, do łączenia ze sobą danych w poszczególne podklasy. Dzięki procesom analogii, na podstawie posiadanych informacji o danym przedmiocie, możliwe jest przypisywanie jego cech innym przedmiotom. Analogia może dotyczyć semiotyki oraz metodologii. Z punktu widzenia metodologii jest ona oceniana jako podstawowa teoria będącą punktem wyjścia dla niektórych rozumowań lub teorii modeli³.

Należy podkreślić, że terminy „analogia” i „rozumowanie przez analogie” nie są terminami jednoznacznymi.

Rozumowanie przez analogie, jak podaje Tadeusz Kwiatkowski:

jest to rozumowanie, w którym, mając w jednym (lub więcej) zaobserwowanym przypadku pewien układ elementów, w innym zaś fragmencie takiego układu, dochodzimy do stwierdzenia, jak ten fragment uzupełnia się do całości układu⁴.

Z kolei Adam Biela⁵ podaje trzy główne cele rozumowania przez analogię:

- 1) rozumowanie przez analogie może być wykorzystane do wzbogacenia posiadanej wiedzy,
- 2) rozumowanie przez analogie pozwala na określenie relacji pomiędzy elementami,
- 3) rozumowanie przez analogie zwiększa prawdopodobieństwo, że dana konkluzja jest prawdziwa.

Rozumowanie przez analogie u uczniów niewidomych

Badań na temat rozumowania przez analogie u uczniów z niepełnosprawnością wzroku jest stosunkowo niewiele. Bogdan Pietru-

³ J. Przybyłowski, *O pewnej interpretacji wnioskowania przez analogie*, [w:] *Logiczne podstawy rozumowań, cz. II*, red. L. Kostro, J. Przybyłowski, Wydawnictwo, Uniwersytet Gdański, Gdańsk 1997, s. 28-39.

⁴ T. Kwiatkowski, *Logika ogólna*, Wydawnictwo UMCS, Lublin 1992, s. 303.

⁵ A. Biela, *Psychologiczne podstawy wnioskowania przez analogię*, Wydawnictwo PWN, Warszawa 1989, s. 19-39.

lewicz⁶ przeprowadził eksperymenty wśród 60 osób niewidomych w wieku szkolnym (III, V i VII klasa szkoły podstawowej). Wychodził on z założenia, że osoby niewidome, posługując się od najmłodszych lat analogią, zdobywają umiejętności coraz lepszego jej zastosowania, nawet w sytuacjach całkowicie dla siebie nowych. Eksperymenty Bogdana Pietrulewicza dotyczyły analogii opartych na materiale semantycznym (relacje część - całość, relacja przeciwieństwa, relacja przyczynowo skutkowa), bazujących na materiale liczbowym oraz analogii geometrycznych. Główną hipotezą było stwierdzenie, że zdolność rozumowania przez analogie rozwija się w takim samym stopniu, jak w przypadku osób widzących. W zakresie analogii opartych na materiale figuralnym lepiej wypadają osoby widzące, wykonujące zadania w zakresie percepcji wzrokowej, jako kolejni zaklasyfikowali się niewidomi, wykonujący te same zadania co widzący, ale w wersji dotykowej. Najniższe wyniki osiągnęli niewidomi rozwiązujący zadania w wersji dotykowej.

Zofia Sękowska⁷ w swoich badaniach nad rozumowaniem przez analogie podkreśliła, jak wielkie jest znaczenie analogii, zwłaszcza przy ujmowaniu zewnętrznych cech określonych przedmiotów, takich jak: wielkość, barwa, kształt. Są to cechy niedostępne niewidomym. Zdaniem Zofii Sękowskiej osoby niewidome wykorzystują analogie przy poznawaniu prostych, mało rozbudowanych przedmiotów, a jest to możliwe dzięki posiadaniu ogólnych informacji na dany temat. Stosunkowo rzadko osoby niewidome posługują się analogiami odnośnie wielkości przedmiotów. Inną zaletą stosowania analogii jest wykorzystywanie ich do nazywania doznań zmysłowych czy emocjonalnych oraz do tworzenia wyobrażeń surogatowych. Zdaniem badaczki wyobrażenia surogatowe to:

⁶ B. Pietrulewicz, *Rozwój rozumowanie przez analogię u dzieci niewidomych*, Wydawnictwo PAN, Komitet Nauk Psychologicznych, Zakład Narodowy Ossolińskich, Wrocław, Kraków, Gdańsk, Łódź 1983, s. 82-95.

⁷ Z. Sękowska, *Kształcenie dzieci niewidomych*, Wydawnictwo PWN, Warszawa 1974, s. 175-183.

pewne substytuty tych treści poglądowych, które ludziom niewidzącym, w zupełności lub częściowo są niedostępne, a odgrywają ważną rolę w kształtowaniu ich świata wyobrażeń i pojęć⁸.

Analogia pozwala na łączenie ze sobą wrażeń, na szukaniu cech wspólnych. Taka aktywność poznawcza wzbogaca wiedzę, rozszerza zakres wyobrażeń surogatowych, które stają się w ten sposób wielomodalnymi.

Aby niewidomi mogli dokonywać analogii, potrzebna jest umiejętność tworzenia określonych reprezentacji umysłowych, które powstają w wyniku złożonego procesu poznawczego bazującego na wrażeniach pochodzących z różnych źródeł: z kanałów sensorycznych (dotykowych, słuchowych, czuciowych), a także z wrażeń przestrzennych⁹. Wrażenia te transportowane są następnie do pamięci roboczej, gdzie poddawane są dalszej obróbce. Zdaniem Serge'a Bouaziz, Sandrine Russier i Annie Magnan¹⁰; Cesara Cornoldi, Marii-Chiary Fastame i Tomaso Vecchi¹¹; Mortona A. Hellera oraz Edouarda Gentaza¹² niewidzenie o charakterze wrodzonym nie ogranicza powstawania obrazów mentalnych, lecz są one uboższe w informacje i wolniej powstają niż w przypadku osób posługujących się wzrokiem.

Do tworzenia analogii geometrycznych potrzebna jest umiejętność dokonywania rotacji. Aby jej dokonywać, potrzebny jest punkt odniesienia wobec którego będzie dokonywać się rotowanie. Dlatego też zdaniem Anny Sfard wartościowe jest wykorzystywanie

⁸ M. Grzegorzewska, *Struktura wyobrażeń surogatowych u niewidomych*, „Polskie Archiwum Psychologii” 1927, t. 1, 4, s. 302.

⁹ C. Cornoldi, M.-C. Fastame, T. Vecchi, *Congenitally blindness and spatial mental imagery*, [w:] *Touching for Knowing*, red. Y. Hatwell, A. Streri, E. Gentaz, John Benjamins Publishing Company, Amsterdam/Philadelphia 2003, vol. 53, s. 173-187.

¹⁰ S. Bouaziz, S., Russier, A. Magnan, *The Copying of Complex Geometric Drawings by Sighted and Visually Impaired Children*, „Journal of Visual Impairment and Blindness” 2005, vol. 99(12), s. 765-774.

¹¹ C. Cornoldi, M.-C. Fastame, T. Vecchi, op. cit.

¹² M.A. Heller, E. Gentez, *Psychology of Touch and Blindness*, „Psychology Press 2014, New York, s. 132-149.

w procesie uczenia przedmiotów ścisłych różnych ram, w których można obracać obiekty, przedmioty, rysunki, tworzyć wykresy i schematy¹³. Z kolei Brigitte Röder i Frank Rösler¹⁴ stwierdzili, że tworzenie zrotowanych obiektów w wyobraźni niewidomych powstaje wolniej i zawiera więcej błędów niż w przypadku osób widzących.

Badania dotyczące wykorzystywania analogii w grupie uczniów niewidomych, a także tworzenia reprezentacji przestrzennych były prowadzone przez Marcusa Kanuff i Elisabeth May¹⁵. Przeprowadzili oni trzy grupy eksperymentów, w których osoby niewidome i osoby widzące (z zawiązanymi oczami) wykonywały te same zadania. Dotyczyły one określania relacji wzrokowo-przestrzennych, które są łatwe do rozwiązania zarówno wzrokowo jak i przestrzennie; relacji wizualnych, które można łatwo rozwiązać wizualnie oraz zadań trudnych, w których nie da się łatwo przewidzieć rozwiązania zarówno wizualnie, jak i przestrzennie. Okazało się, że niewidomi niezależnie od typu zadania wykonywali je wolniej i mniej dokładnie. Autorzy uważają też, że jeśli wnioskowanie dotyczące relacji przestrzennych opiera się także o informacje słowne, sam proces rozumowanie przebiega sprawniej i jest poprawniejszy.

Rozumowanie przez analogie odgrywa ogromną rolę w życiu osób niewidomych. Umożliwia poznawanie zjawisk, które nie są dostępne niewidomym za pomocą dotyku i słuchu. Ponieważ osoby widzące posługują się słownictwem i wyrażeniami ujmującymi relacje pomiędzy wszystkimi zmysłami – niewidomi muszą w jak najlepszy dla siebie sposób poznać te wyrażenia. Umożliwia im to

¹³ A. Sfard, *Balancing the unbalancable: The NCTM Standards in Light of Theories of Learning Mathematics*, [w:] *A research companion to principles and standards for school mathematics*, red. J. Kilpatrick, W.G. Martin, D. Schifter, National Council for Teachers of Mathematics, Reston, Virginia 2003, s. 353-392.

¹⁴ B. Röder, F. Rösler, *Visual input does not facilitate the scanning of spatial images*, "Journal of Mental Imagery" 1998, vol. 22(3-4), s. 165-182.

¹⁵ M. Knauff, E. May, *Mental Imagery, Reasoning, and Blindness*, "The Quarterly Journal of Experimental Psychology" 2006, vol. 59(1), s. 161-177.

właśnie analogia. Rozumowanie przez analogie umożliwia poznawanie określonych relacji pomiędzy przedmiotami, pojęciami, zjawiskami, poszerza zakres słownictwa, zwiększa liczbę rozumianych zagadnień, dzięki czemu tworzona wizja rzeczywistości jest adekwatniejsza.

Założenia metodologiczne

Celem artykułu jest określenie, w jaki sposób rozumowanie przez analogie geometryczne kształtuje się w trzech grupach wiekowych uczniów niewidomych i widzących (10, 12 i 14 lat). Na podstawie literatury dotyczącej pedagogiki specjalnej i psychologii oraz własnych doświadczeń sformułowano następujące pytania badawcze, które poddano weryfikacji, stosując właściwie dobrane narzędzia pomiaru:

- 1) Jakie jest rozumowanie przez analogie geometryczne u uczniów niewidomych w III i V klasie szkoły podstawowej oraz I klasie gimnazjum?
- 2) Jakie jest rozumowanie przez analogie geometryczne u uczniów niewidomych w porównaniu do uczniów widzących w III i V klasie szkoły podstawowej oraz I klasie gimnazjum?

Badania na temat analogii opartych na materiale figuralnym zostały przeprowadzone m.in. przez Bogdana Pietrulewicza¹⁶. Wykazał on, że w zakresie percepcji dotykowej uczniów niewidomych i widzących w klasie III, V szkoły podstawowej i I gimnazjum, odnoszącej się do analogii opartych na materiale obrazkowo figuralnym, nie ma istotnych statystycznie różnic. Natomiast w zakresie percepcji dotykowej i wzrokowej uczniów widzących istnieją istotne statystycznie różnice niezależnie od wieku badanych (10, 12 i 14 lat). Ponadto badania B. Pietrulewicza¹⁷ wykazały, że nie ma istotnych

¹⁶ B. Pietrulewicz, op. cit., s. 82-95.

¹⁷ Ibidem.

statystycznie różnic w zakresie percepcji dotykowej niewidomych i percepcji wzrokowej widzących. Zatem zakłada się, że niewidomi równie trafnie jak widzący będą ujmować relacje analogii opartych na materiale figuralnym.

Charakterystyka osób badanych

Badaniami objęto 126 uczniów¹⁸. Grupę podstawową stanowiło 63 uczniów niewidomych w wieku 10 lat (III klasa szkoły podstawowej), 12 lat (V klasa szkoły podstawowej) i 14 lat (I klasa gimnazjum). Podzielono ich na trzy kategorie wiekowe liczące po 21 osób. Uczniowie niewidomi pochodzili z całej Polski i uczyli się w 7 specjalnych ośrodkach szkolno-wychowawczych, dlatego też dobór do grupy był celowy. Grupa uczniów niewidomych pod względem płci była jest równoliczna – chłopców było 25, a dziewcząt 38. Wśród 21 badanych trzecioklasistów – 9 (42,9%) przebywało w internacie od 4 lat, czyli od rozpoczęcia nauki w klasie „0”, 2 osoby (9,5%) przebywały 3 lata, 7 osób (33,3%) – 2 lata, 2 osoby (9,5%) – 1 rok. W klasie V 4 osoby (19%) były mieszkańcami ośrodka od 6 roku życia, 7 (33,3%) – od I klasy, 1 (4,8%) – od II klasy, 5 (23,8%) – od III klasy, 2 (9,5%) – od IV klasy, 2 osoby (9,5%) nie mieszkały w ośrodku nigdy. Wśród gimnazjalistów 8 uczniów (38,1%) przebywało w ośrodku 7 lat, czyli od I klasy, 6 (28,6%) – od 6 lat, 3 (14,2%) – od 5 lat, 1 (4,8%) – od 4 lat, 1 (4,8%) – od roku, dwoje mieszkało poza ośrodkiem.

Grupę porównawczą stanowiło 63 uczniów widzących podzielonych na takie same grupy wiekowe i liczebne. Dobór do grupy porównawczej był celowo losowy, ponieważ dobrano ją pod względem liczebności, płci, klasy i miejsca zamieszkania w odniesieniu do uczniów niewidomych.

¹⁸ Badania zostały przeprowadzone w roku szkolnym 2007/2008 i stanowią fragment badań zrealizowanych w ramach rozprawy doktorskiej. W Polsce od tego czasu nie podejmowano badań na temat analogii geometrycznych.

Przy doborze osób do grupy przestrzegano wyznaczonych uprzednio kryteriów: istnienie lub brak uszkodzenia wzroku (w przypadku uczniów z uszkodzonym wzrokiem grupę badawczą stanowią osoby niewidome od urodzenia bądź też te, które utraciły wzrok przed piątym rokiem życia); wiek (10; 12 i 14 lat); stwierdzony prawidłowy rozwój intelektualny; typ szkoły (specjalny ośrodek szkolno-wychowawczy dla uczniów niewidomych; szkoła ogólnodostępna dla uczniów widzących); brak dodatkowych schorzeń.

W poniższym artykule zostaną zaprezentowane wyniki badań w zakresie analogii opartych na materiale obrazkowo figuralnym. W celu zbadania rozumowania przez analogie geometryczne wykorzystano „12 tablic serii B Progressive Matrices” Johna C. Ravena. Wybrano tylko serię B Maryc, gdyż opiera się na zasadzie analogii między parami figur, co zgodne jest z postawionymi celami badawczymi. Uczniowie widzący rozwiązywali obrazkową wersję w oryginale, natomiast uczniowie niewidomi otrzymali tablice przekształcone na wersję dotykową.

Seria B 12 Matryc Johna C. Ravena została skonstruowana na zasadzie analogii zachodzącej pomiędzy dwiema parami figur. Zadaniem ucznia jest wykrycie relacji, jaka zachodzi pomiędzy parą figur i przeniesienie tej relacji na drugą parę, składającą się z jednego elementu podanego i niewiadomej, która powinna być wybrana na podstawie analogii z sześciu podanych wycinków. Figury można obracać wokół osi poziomej lub pionowej. Kształty figur w zadaniach B₁, B₉, B₁₀, B₁₁, B₁₂ są punktowo symetryczne, a w zadaniach B₂, B₃, B₄, B₅, B₆, B₇, B₈ mają charakter punktowo asymetryczny. Figury punktowo symetryczne po obrocie wokół osi nie zmieniają położenia, punktowo asymetryczne natomiast zmieniają położenie.

Wyniki badań

Analiza statystyczna danych uzyskanych dzięki zastosowaniu 12 tablic serii B Progressive Matrices J.C. Ravena pozwoliła określić, jakie wyniki w zakresie analogii geometrycznych otrzymują zarów-

no uczniowie niewidomi, jak i widzący w wieku 10, 12 i 14 lat, uczący się na tych samych szczeblach edukacyjnych (zob. tabela 1).

Tabela 1. Różnice w średnich dla zmiennej analogie geometryczne uczniów z niewidomych i widzących

Zmienna	Wiek badanych	Uczniowie z niewidomi (N=63)		Uczniowie widzący (N=63)		Wynik testu t-Studenta		
		M	SD	M	SD	Wartość t	df	p
Analogie geometryczne	10 lat	4,10	1,37	6,00	2,53	-3,032	40	0,005
	12 lat	7,76	2,30	8,48	1,81	-1,119	40	0,270
	14 lat	9,33	1,24	10,00	1,55	-1,540	40	0,131

Objaśnienia: M – średnia arytmetyczna, SD – odchylenie standardowe, df – stopnie swobody, p – poziom istotności, pogrubienie czcionki – istotność statystyczna < 0,05.

Źródło: Analiza własna na podstawie SPSS 24.0

W zakresie analogii geometrycznych uczniowie mieli do rozwiązania 12 prób. Za każde prawidłowo rozwiązane zadanie otrzymywali punkt. Maksymalnie mogli otrzymać 12 punktów, a minimalnie 0. Najwyższą średnią wartość w zakresie analogii geometrycznych osiągnęli uczniowie niewidomi uczęszczający do I klasy gimnazjum (14 lat), wyniosła ona $M = 9,33$, co stanowi 77,75% wyniku maksymalnego możliwego do uzyskania (uczniowie widzący osiągnęli średni wynik $M = 10$). Wyniki odchylają się o 1,23, a przedział dla średnich wyników mieści się w granicach od 8,10 do 10,56. Wynik minimalny osiągnięty w grupie niewidomych 14-latków wyniósł 7 punktów, a maksymalny – 11. Natomiast średnia wartość wyników osiągniętych przez uczniów niewidomych w wieku 10 lat wyniosła $M = 4,10$, co stanowi 34,16% wyniku maksymalnego możliwego do uzyskania. Jest to najniższy wynik osiągnięty przez wszystkich niewidomych uczniów. Wyniki odchylają się o 1,37 punktu, a stworzony przez to przedział średnich wyników wynosi od 2,73 do 5,47. W grupie tej minimalny wynik to 2 punkty, natomiast maksymalny – 7.

Przeprowadzona analiza ujawniła występowanie jednej istotnej statystycznie różnicy między badanymi grupami uczniów niewidomych i widzących (zob. tabela 1). Na podstawie analizy wartości „t” Studenta wykazano, że w kwestii rozumowania przez analogie geometryczne istnieje statystycznie istotna różnica między uczniami niewidomymi a widzącymi w wieku 10 lat, czyli uczącymi się w III klasie szkoły podstawowej ($t = -3,032$ (40); $p < 0,05$). Na podstawie wartości średniej arytmetycznej można stwierdzić, że uczniowie widzący ($M = 6,00$) uzyskują istotnie wyższe wyniki w omawianym rodzaju analogii.

Dane liczbowe zawarte w tabeli 1. pozwalają zauważyć, że nie ma istotnie statystycznych różnic między grupami uczniów niewidomych i widzących w wieku 12 lat (uczących się w V klasie szkoły podstawowej) i w wieku 14 lat (I klasa gimnazjum). Można jedynie stwierdzić na podstawie wartości średnich arytmetycznych, że zarówno w jednej ($M = 7,76$ i $M = 9,33$) jak i drugiej grupie wiekowej ($M = 8,48$ i $M = 10,00$) uczniowie widzący osiągają lepsze rezultaty w rozwiązywaniu zadań opartych na materiale geometrycznym.

Otrzymany materiał empiryczny pozwala też zauważyć, że największa dyspersja wyników w grupie uczniów niewidomych występuje w V klasie szkoły podstawowej (12 lat), a w grupie uczniów widzących – w III klasie szkoły podstawowej (10 lat). Dyspersja ta wraz z wiekiem zmniejsza się. Na podstawie wartości średnich arytmetycznych można zauważyć, że największy przyrost wyników w grupie podstawowej (uczniów niewidomych) oraz porównawczej (uczniów widzących) przypada na okres pomiędzy III a V klasą szkoły podstawowej.

Poniżej przedstawione zostaną dane dotyczące określenia różnic wewnątrzgrupowych za pomocą jednoczynnikowej analizy wariancji (ANOVA) (zob. tabela 2). Wynik F analizy wariancji dla zmiennej analogie geometryczne uczniów niewidomych w wieku 10 lat (III klasa szkoły podstawowej), 12 lat (V klasa szkoły podstawowej) i 14 lat (I klasa gimnazjum) wskazuje na występowanie istotnych statystycznie różnic w zakresie badanej zmiennej, co świadczy o zróżnicowaniu wewnątrzgrupowym.

Tabela 2. Wyniki jednoczynnikowej analizy wariancyjnej ANOVA dla zmiennej wiek w zakresie analogii geometrycznych uczniów niewidomych

Zmienna	Grupa	M	Wyniki analizy wariancyjnej (ANOVA)			
			F	grupa	Różnica średnich	p
Analogie geometryczne	wiek 10 lat	4,10	F = 52,235 df ₁ = 2 df ₂ = 60	grupa 1 i 2	-3,667	0,000
	wiek 12 lat	7,76		grupa 1 i 3	-5,238	0,000
	wiek 14 lat	9,33		grupa 2 i 3	-1,571	0,029

Objaśnienia: M – średnia arytmetyczna, F – wskaźnik analizy wariancyjnej, p – poziom istotności, pogrubienie czcionki – istotność statystyczna < 0,05; df₁, df₂ – stopnie swobody.

Źródło: Analiza własna na podstawie SPSS 24.0

Analiza danych liczbowych ujawniła na postawie wartości wskaźnika F jednoczynnikowej analizy wariancyjnej (ANOVA), że rozumowanie przez analogie geometryczne jest zróżnicowane wiekiem osób badanych ($F(2;60) = 52,235$; $p < 0,05$; zob. tabela 2). Celem określenia różnic istotnych statystycznie w zakresie rozumowania przez analogie geometryczne pomiędzy uczniami niewidomymi w wieku 10, 12 i 14 lat dokonano analizy wyników z uwzględnieniem testu Testu Dunnetta, gdyż wariancje nie były jednorodne. Należy zaznaczyć, że uczniowie w wieku 14 lat (I klasa gimnazjum) charakteryzują się istotnie wyższym średnim wynikiem ($p < 0,005$) w porównaniu do uczniów w wieku 12 lat (V klasa szkoły podstawowej; $p < 0,005$) i uczniów w wieku 10 lat (klasy III szkoły podstawowej; $p < 0,05$). Na podstawie wartości średnich arytmetycznych można dodatkowo stwierdzić, że im większa różnica wieku między uczniami, tym dysproporcje wśród grup uczniów niewidomych są większe.

Z analizy wyników badań wynika również, że uczniów niewidomych w trzech badanych kategoriach wiekowych najłatwiejszymi zadaniami okazały się następujące próby: 1 ($M = 18,33$), 2 ($M = 17$), 3 ($M = 17$), 4 ($M = 16$), 5 ($M = 14,33$), 6 ($M = 13$), 7 ($M = 10,66$) i 9 ($M = 11,33$). Natomiast trudności przysporzyły zadania: 8 ($M = 9,66$), 10 ($M = 10$), 11 ($M = 6,66$), 12 ($M = 4,31$). W przypadku uczniów widzących próby, które zostały rozwiązane bezbłędnie to: 1 ($M = 20,66$),

2 ($M = 20,66$), 3 ($M = 20,33$), 4 ($M = 17,66$), 5 ($M = 16,33$), 6 ($M = 15$), 7 ($M = 13$), 9 ($M = 11,33$) i 10 ($M = 11$). Zadania, które okazały się najtrudniejsze to 8 ($M = 10$), 11 ($M = 7,66$) i 12 ($M = 7,66$). W żadnym zadaniu uczniowie niewidomi nie osiągnęli wyniku wyższego od uczniów widzących.

Poniżej zadania te zostaną scharakteryzowane w kolejności numerycznej.

Zadanie 1. (dotyczące figury o charakterze symetrycznym) było najłatwiejszym z 12 przedstawionych prób i nie sprawiło zbyt wielu trudności zarówno uczniom niewidomym, jak i widzącym. Jedynie niewidomi trzecioklasiści uzyskali tylko 13 punktów (61,9%). Prawie wszyscy pozostali odpowiedzieli prawidłowo.

Zadanie 2. zostało skonstruowane na podobnej zasadzie, jak poprzednia próba, lecz miało nieco bardziej złożony charakter (figura o charakterze punktowo asymetrycznym). Największe różnice są widoczne między klasą III (11 punktów – 52,38%) a V (19 punktów – 90,47%) w grupie uczniów niewidomych. Różnica ta wynosi aż 8 punktów. W grupie uczniów widzących różnica wynosi tylko 1 punkt. Uczniowie z obu grup w I klasie gimnazjum otrzymali po 21 punktów (100%). Typowym błędnym rozwiązaniem podawanym przez uczniów jest wskazywanie figury zbliżonej do prawidłowej, lecz różniącej się wielkością i proporcją poszczególnych elementów (odpowiedzi 2 i 3).

Zadanie 3. dotyczyło figury o charakterze punktowo asymetrycznym. Podstawą jego prawidłowego rozwiązania jest wykrycie relacji przeciwieństwa między parami figur. Rozsiew wyników jest podobny jak w zadaniu 2. Największa różnica wystąpiła między klasą III (11 punktów – 52,38%) a klasą V (19 punktów – 90,47%) w grupie uczniów niewidomych. Tak dużych różnic w grupie uczniów widzących nie było. Najwięcej błędnych odpowiedzi udzielanych przez uczniów niewidomych dotyczyło figury 5., ponieważ nie uwzględnili obrotu o 180° . Wskazywali też na figurę 4. (figura o zmiennych cechach) i 2 (figura pomniejszona).

Zadanie 4. dotyczyło figury punktowo asymetrycznej. Jego rozwiązanie zależy od umiejętności dokonania syntezy koła. Różnice

między grupami są coraz widoczniejsze. Uczniowie niewidomi z III klasy osiągnęli wynik 10 punktów (47,61%), a uczniowie widzący 14 (66,66%). Między III a V klasą uczniów niewidomych różnica wyniosła 8 punktów, a w grupie widzących 5. Natomiast między III klasą uczniów niewidomych i widzących wynosi 4 punkty, a między piątklasistami niewidomymi i widzącymi – 1 punkt. Zarówno uczniowie z uszkodzonym wzrokiem, jak i widzący w I klasie gimnazjum osiągnęli po 20 punktów (95,23%). Najczęstszymi błędnymi odpowiedziami jest wskazywanie na rozwiązanie 4 i 6. Są to figury, w których nie uwzględniono rotacji i są powtórzeniem podanych figur głównych. Wybrano także figurę nr 3, czyli taką, która jest pomniejszona.

Zadanie 5. to również figura o charakterze punktowo asymetrycznym, zmieniająca swoje cechy. Osoba badana, aby rozwiązać to zadanie, musiała dokonać rotacji figury oraz uwzględnić zmienioną cechę liniowości powierzchni. Jest to zadanie dość trudne dla uczniów w młodszym wieku szkolnym. W każdej kategorii wiekowej uczniowie widzący uzyskali wyższe wyniki w porównaniu do uczniów z uszkodzonym wzrokiem. Zarówno w grupie podstawowej, jak i porównawczej największe tempo przyrostu wyników przypada na okres między III a V klasą szkoły podstawowej. Najczęstszymi błędami popełnianymi w młodszym wieku szkolnym w obu badanych grupach jest wskazywanie na tablice nr 4 i 5. Są to figury niezrotowane o 180° . Figura 3. jest tożsamościowa z figurą główną leżącą w dolnym lewym rogu. Figura 5. jest odzwierciedleniem figury prawej górnej, do której uczeń powinien znaleźć figurę analogiczną.

Zadanie 6 ma charakter punktowo asymetryczny i polegało na rotacji figury o 180° . Największe tempo przyrostu wyników zarówno w grupie podstawowej, jak i porównawczej przypada na okres między III i V klasą szkoły podstawowej. Różnica wyników w grupie uczniów niewidomych wyniosła 8 punktów, a w grupie uczniów widzących 10 punktów. Natomiast różnice pomiędzy wynikami uzyskanymi między V klasą a I gimnazjum są minimalne i wynoszą odpowiednio 2 i 1 punkt. Charakterystycznymi błędami popełnia-

nymi przez uczniów z obu badanych grup jest wskazywanie następujących odpowiedzi: 2, 4, 5, 6. Figura 2. jest odpowiednikiem głównej figury w górnej lewej stronie, figura 4. jest tożsamościowa z figurą główną leżącą na górnej prawej części strony. Natomiast odpowiedź wskazująca na figury 5. i 6. dotyczy rotacji o 180° , a nie o 90° .

Zadanie 7. także obejmuje figurę o charakterze punktowo asymetrycznym. Stopień trudności tej próby jest duży, gdyż wymaga od ucznia dokonania rotacji o 180° oraz uwzględnienia liniowości powierzchni, co dla uczniów niewidomych w młodszych klasach nie jest łatwe. Największy przyrost wyników odnośnie tego zadania ponownie przypada na okres między III a V klasą szkoły podstawowej. Różnica wyników między III a V klasą w grupie uczniów niewidomych wyniosła 7 punktów, a w grupie uczniów widzących 8 punktów. Natomiast różnice pomiędzy klasą V a I gimnazjum w grupie uczniów niewidomych wynosi 3 punkty, zaś w grupie uczniów widzących – 1 punkt. W zadaniu tym na wszystkich trzech szczeblach wiekowych lepsze wyniki uzyskali uczniowie widzący. Najczęściej wybierano odpowiedzi nr 2, 3, 4 oraz 6. Figura 2. jest powtórzeniem figury głównej leżącej w prawej górnej części strony. Figura 3. jest obrócona w osi poziomej i pionowej o 180° , ale nie zawiera cech liniowości. Figura 4. odwrócona jest o 180° w osi poziomej. Natomiast figura 6. jest zrotowana o 180° w osi poziomej i pionowej, ale zawiera cechy liniowości.

Zadanie 8. dotyczy figury o charakterze punktowo asymetrycznym. Jego rozwiązanie zależy od umiejętności wyróżniania figury z tła. Największe tempo przyrostu wyników przypada na okres między III a V klasą. W grupie uczniów niewidomych różnica wyników pomiędzy uczniami uczącymi się w tych klasach wyniosła 5 punktów, a w grupie uczniów widzących – 8 punktów. Natomiast różnice pomiędzy uczniami z klasy V i I gimnazjum są minimalne. W tym zadaniu uczniowie widzący ponownie osiągnęli wyższe rezultaty w porównaniu do swoich niewidomych rówieśników. Błędy dotyczyły następujących figur: 1, 3, 5, 6. Figura 1. jest perseweracją głównej figury leżącej w górnej części lewej strony. Figura 3. odwołuje się do figur głównych umiejscowionych po prawej stronie

na dole i na górze. Z kolei uczniowie, którzy wybrali na miejsce niewiadomej odpowiedź nr 5, wskazali na figurę, nie uwzględniając zmian jej cech. Figura 6. wprawdzie jest zbliżona do prawidłowej, ale nie identyczna.

Zadanie 9. odnosi się do figury o charakterze punktowo symetrycznym i wymaga rotowania figur. W tym zadaniu podobnie jak w poprzednich, można stwierdzić, że największy rozsiew wyników zarówno w grupie uczniów niewidomych, jak i widzących przypada na okres między III a V klasą szkoły podstawowej. Różnica w uzyskanych wynikach w grupie uczniów niewidomych, wyniosła 5 punktów, natomiast w grupie uczniów widzących – 7 punktów. Z kolei różnice w wynikach pomiędzy V klasą a I gimnazjum są minimalne. W tym zadaniu uczniowie niewidomi w klasie III w porównaniu do uczniów widzących zdobyli o 1 punkt więcej. Natomiast liczba otrzymanych punktów przez uczniów z grupy podstawowej i porównawczej w I klasie gimnazjum wyniosła po 15 (71,42%). Nieprawidłowe rozwiązania dotyczą figur: 1, 2, 5, 6. Figura 1. jest persewacją głównej figury leżącej po prawej górnej stronie. Figura 2. jest wprawdzie powtórzeniem figury głównej do której należy ułożyć analogie, ale uwzględnia zmianę cechy poprzez dodanie elementów. Figura 5. jest persewacją figury głównej leżącej w lewej dolnej części strony. Natomiast figura 6. uwzględnia cechy figury głównej, ale nie tej, do której należy znaleźć analogie.

Zadanie 10. to zadanie typu punktowo symetrycznego i wymaga od wstawienia dodatkowego elementu. Największy przyrost wyników przypada na okres pomiędzy klasą V a I gimnazjum, gdyż w przypadku uczniów niewidomych różnica ta wynosi 8 punktów, a w przypadku uczniów widzących 12 punktów. Zadanie to dla uczniów niewidomych uczących się w III klasie okazało się bardzo trudne, gdyż uzyskali tylko 4 punkty. W grupie uczniów niewidomych i widzących błędy były podobne. Najwięcej popełnili uczniowie niewidomi z III klasy. Wskazywali oni wszystkie z możliwych odpowiedzi, choć najczęściej – odpowiedzi 1 i 2, które były persewacjami głównych figur. Rzadziej wybierano figury nr 3, 4, 5 i 6.

Zadania 11. i 12. mają charakter punktowo symetryczny. Zarówno uczniowie z grupy podstawowej jak i porównawczej osiągnęli niskie wyniki. W zadaniu 11, które polegało na zmianie położenia figury, uczniowie niewidomi i widzący uczący się w III klasie podali tylko po dwie odpowiedzi poprawne (9%). Natomiast w próbie 12. żaden z uczniów niewidomych nie wybrał ani jednej prawidłowej figury. Ani w zadaniu 11., ani w 12. uczniowie niewidomi nie osiągnęli rezultatów wyższych od wyników otrzymanych przez uczniów widzących. Odnośnie do zadania 11. uczniowie wskazali wszystkie z możliwych nieprawidłowych odpowiedzi, choć najwięcej dotyczyło figur: 2, 3 i 6. Figura 2. odnosiła się do perseweraacji figury głównej leżącej w lewej części strony, figura 3. to rotacja figury, do której powinna być ułożona analogia. Natomiast odpowiedzi wskazujące na figurę 6. odnosiły się do perseweraacji figury głównej. Najtrudniejsza była próba 12. Podstawą jej poprawnego rozwiązania było odjęcie figur wpisanych w środku. Najczęstszymi błędami było podawanie odpowiedzi 2 i 3, które odnosiły się do perseweraacji figur głównych. Pojawiają się najczęściej, gdyż uczniowie, nie znajdując analogii, powoływali się na te figury, do których musieli się odnieść. Zdecydowanie rzadziej uczniowie podawali odpowiedzi 1 i 4.

Podsumowanie i wnioski

Reasumując wyniki uzyskane w trakcie badań nad rozumowaniem przez analogie geometryczne, można wysnuć następujące wnioski:

1. Na podstawie analiz statystycznych wykazano, że w kwestii rozumowania przez analogie geometryczne istnieje istotna statystycznie różnica między uczniami niewidomymi a widzącymi w III klasie szkoły podstawowej (10 lat), na korzyść uczniów widzących. Niewidomi piątoklasiści (12 lat) i uczniowie I klasy gimnazjum (14 lat) także uzyskali niższe od widzących rówieśników wyniki, choć nie są to różnice istotne statystycznie. Takie rezultaty można tłumaczyć wolniejszym u niewidomych rozwojem operacji umysł-

wych, takich jak np. porównywanie. Wraz z wiekiem dyspersja między grupą podstawową i porównawczą zdecydowanie maleje, bowiem uczniowie klas starszych dzięki systematycznym ćwiczeniom dotykowym doskonałą umiejętność różnicowania, klasyfikowania i rotowania elementów. Podobne wnioski wysnuli na podstawie swych badań Bogdan Pietrulewicz¹⁹ i Krzysztof Klimasiński²⁰.

2. We wszystkich 12 próbach analogii geometrycznych stwierdzono, że uczniowie niewidomi osiągnęli niższe rezultaty od swych widzących rówieśników. Mogło to wynikać z charakteru materiału, na którym pracowali. Uczniowie widzący rozwiązywali zadania w wersji oryginalnej, a uczniowie niewidomi posługiwali się wersją dotykową, co utrudniało dostrzeżenie różnic pomiędzy poszczególnymi figurami, o czym pisano wcześniej.

3. Najtrudniejszymi okazały się próby o charakterze punktowo symetrycznym, wymagające zmiany położenia figury i odjęcia figur wpisanych w środku. Najczęstsze błędy popełniane zarówno przez uczniów niewidomych, jak i widzących były następujące: persewercje figur głównych, błędna rotacja, wybieranie figur podobnych, lecz różniących się wielkością i proporcją poszczególnych elementów, nieuwzględnianie cech liniowości. W obydwóch grupach miały podobny charakter, ale niewidomi popełnili ich znacznie więcej.

Rozumowanie przez analogie to jeden z podstawowych sposobów wzbogacania i pogłębiania wiedzy. Jest ono tym doskonalsze, im uczniowie niewidomi mają więcej sposobów do wykorzystywania go w praktyce. W tym celu nauczyciele powinni zadbać o przygotowywanie różnych zadań o charakterze analitycznym, syntetycznym i analityczno-syntetycznym.

Nauczyciele powinni również pamiętać, aby podczas zajęć nie tylko z przedmiotów ścisłych uczniowie mogli dokonywać porównywania, abstrahowania, mogli rotować i zmieniać położenie

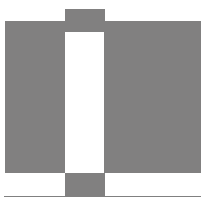
¹⁹ Ibidem.

²⁰ K. Klimasiński, *Rola wyobrażeń przestrzennych w rozwoju myślenia dzieci niewidomych*, Wydawnictwo PAN, Zakład Narodowy Ossolińskich, Wrocław-Warszawa-Kraków-Gdańsk 1977, s. 47-89.

przedmiotów. Aby zwiększyć jakość analogii geometrycznych, potrzeba jest jak największej ilości ćwiczeń sensorycznych, bazujących na zmysle dotyku i słuchu oraz z zakresu orientacji przestrzennej.

Bibliografia

- Biela A., *Psychologiczne podstawy wnioskowania przez analogię*, Wydawnictwo PWN, Warszawa, 1989.
- Bouaziz S., Russier S. Magnan A., *The Copying of Complex Geometric Drawings by Sighted and Visually Impaired Children*, "Journal of Visual Impairment and Blindness" 2005, vol. 99(12).
- Chlewiński Z., Falkowski A., Francuz P., *Wnioskowanie przez analogię w procesach kategoryzacji*, Wydawnictwo Towarzystwo Naukowe KUL, Lublin 1995.
- Cornoldi C., Fastame M.-C., Vecchi T., *Congenitally blindness and spatial mental imagery*, [in:] *Touching for Knowing*, red. Y. Hatwell, A. Streri, E. Gentaz, John Benjamins Publishing Company, Amsterdam/Philadelphia 2003.
- Grzegorzewska M., *Struktura wyobrażeń surogatowych u niewidomych*, „Polskie Archiwum Psychologii” 1927, t. 1, 4.
- Heller M.A., Gentez E., *Psychology of Touch and Blindness*, Psychology Press, New York 2014.
- Klimasiński K., *Rola wyobrażeń przestrzennych w rozwoju myślenia dzieci niewidomych*, Wydawnictwo PAN, Zakład Narodowy Ossolińskich, Wrocław-Warszawa-Kraków-Gdańsk 1977.
- Knauff M., May E., *Mental Imagery, Reasoning, and Blindness*, "The Quarterly Journal of Experimental Psychology" 2006, vol. 59(1).
- Kwiatkowski T., *Logika ogólna*, Wydawnictwo UMCS, Lublin 1992.
- Nęcka E., Orzechowski J., Szymura B., *Psychologia poznawcza*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2006.
- Pietrlewicz B., *Rozwój rozumowanie przez analogię u dzieci niewidomych*, Wydawnictwo PAN, Komitet Nauk Psychologicznych, Zakład Narodowy Ossolińskich, Wrocław, Kraków, Gdańsk, Łódź 1983.
- Przybyłowski J., *O pewnej interpretacji wnioskowania przez analogię*, [w:] *Logiczne podstawy rozumowań*, cz. II, red. L. Kostro, J. Przybyłowski, Wydawnictwo, Uniwersytet Gdański, Gdańsk 1997.
- Röder B., Rösler F., *Visual input does not facilitate the scanning of spatial images*, "Journal of Mental Imagery" 1998, vol. 22(3-4).
- Sękowska Z., *Kształcenie dzieci niewidomych*, Wydawnictwo PWN, Warszawa 1974.
- Sfard A., *Balancing the unbalancable: The NCTM Standards in Light of Theories of Learning Mathematics*, [w:] *A research companion to principles and standards for school mathematics*, red. J. Kilpatrick, W.G. Martin, D. Schifter, National Council for Teachers of Mathematics, Reston, Virginia 2003.



Analogical reasoning based on geometric material in blind pupils

ABSTRACT: Izabella Kucharczyk, *Analogical reasoning based on geometric material in blind pupils*, Interdisciplinary Contexts of Special Pedagogy, No. 21, Poznań 2018. Pp. 215–232. Adam Mickiewicz University Press. ISSN 2300-391X. DOI: <https://doi.org/10.14746/ikps.2018.21.12>

Analogical reasoning constitutes one of the ways the blind get to know the world; it enriches information and influences thinking.

The purpose of the article is the presentation of results of research on reasoning using geometric analogies in blind pupils aged 10, 12 and 14. The study encompassed a group of 63 blind pupils and 63 seeing pupils. The study used the twelve *series B matrices* from the *Progressive Matrices* of John C. Raven. A detailed analysis of the dependencies between the variables permitted the determination of differences between groups of pupils in terms of reasoning using geometric analogies.

KEY WORDS: analogical reasoning, blind pupils, geometric analogies

Introduction

Analogy is a term used in various daily situations. Would one be forbidden to use analogies, then most probably the would not be able to cope with acquiring new knowledge.

The term „analogy” is of Greek origin, as *αναλογία*. It is made up of the adverb “an”, “ana” (*αν, ανα*) and refers to the level of multiplication or repetition, e. g. twice, thrice. The second component of

the term is the noun “*logos*” (λογος), derived from the verb “*legin*” (λεγειν), meaning to “*put together*”, “*speak*”. Etymologically speaking, an “*analogy*” is a condition referring to the existence of a specific item, or speaking of it.

Zdzisław Chlewiński, Andrzej Falkowski and Piotr Francuz¹ had conducted an analysis of object literature on the various modes of use of the term “*analogy*”. Two approaches to defining this term are known. The first is the structural, or syntactic, approach, assuming that an analogy is something equalising, balancing, between two objects or events. It permits an analysis of the relations between selected components of a specific event. Such an analysis can refer to components available by way of perception or constituents of a specific event that are not available directly to our cognition. The second, functional, or pragmatic, approach, explains “*analogies*” somewhat differently. In view of the proponents of this approach, an analogy refers primarily to seeking relationships between external components, transgressing the scope concerning the event being studied. The process of formation of analogies, or the process of comparison of events, is possible when the readiness emerges to think in cause-and-effect categories.

In the opinion of Edward Nęcka, Jarosław Orzechowski and Błażej Szymura², an analogy is a certain transfer between various areas of science. Such a transfer can be positive (if an individual expands their knowledge and uses various techniques to solve the problem at hand) or negative (in this case the use of similar techniques in comparable problem situations is of little effectiveness).

An analogy is the basis for drawing certain conclusions, for fusing data into individual subclasses. Thanks to processes of analogy, it is possible, on the basis of already owned information about a specific object, to assign its properties to other objects. An analogy

¹ Z. Chlewiński, A. Falkowski, P. Francuz, *Wnioskowanie przez analogię w procesach kategoryzacji*, Wydawnictwo Towarzystwo Naukowe KUL, Lublin 1995, pp. 25–38.

² E. Nęcka, J. Orzechowski, B. Szymura, *Psychologia poznawcza*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2006, pp. 474–478.

may refer to semiotics and methodology. From the point of view of methodology, an analogy is evaluated as the basic theory constituting the vantage point for certain modes of reasoning or model theory³.

It must be stressed that the terms "analogy" and „analogical reasoning" are not unequivocal terms.

Analogical reasoning, as Tadeusz Kwiatkowski⁴ indicates "is reasoning, in which, if one would have at their disposal in one observed case (or in more cases) a specific set of components, and a fragment of such a set in another, one may come to a conclusion on how this component fits in with the entire set".

Adam Biela⁵, in turn, indicates three main purposes of analogical reasoning:

- 1) Analogical reasoning can be used to enrich the knowledge that one already has.
- 2) Analogical reasoning permits the determination of relations between elements.
- 3) Analogical reasoning increases the probability of a certain conclusion being correct.

Analogical reasoning in blind pupils

Studies on analogical reasoning in pupils with eyesight disabilities are comparably scarce. Bogdan Pietrullewicz⁶ had conducted experiments among 60 blind persons in school age (3rd, 5th and 7th

³J. Przybyłowski, *O pewnej interpretacji wnioskowania przez analogie*, [in:] *Logiczne podstawy rozumowań, part II*, ed. by L. Kostro, J. Przybyłowski, Wydawnictwo, Uniwersytet Gdański, Gdańsk 1997, pp. 28–39.

⁴T. Kwiatkowski, *Logika ogólna*, Wydawnictwo UMCS, Lublin 1992, pp. 303.

⁵A. Biela, *Psychologiczne podstawy wnioskowania przez analogię*, Wydawnictwo PWN, Warszawa 1989, pp. 19–39.

⁶B. Pietrullewicz, *Rozwój rozumowanie przez analogię u dzieci niewidomych*, Wydawnictwo PAN, Komitet Nauk Psychologicznych, Zakład Narodowy Ossolińskich, Wrocław, Kraków, Gdańsk, Łódź 1983, pp. 82–95.

grade of primary school). He made the assumption that blind persons, using analogies from an early age, obtain new abilities of its steadily improving use even in situations that are entirely new to them. Experiments by Bogdan Pietrulewicz applied to analogies based on semantic material (part-whole relationships, oppositions, cause-and-effect relationships), using numerical material and geometric analogies. The main hypothesis was the statement that the ability of analogical reasoning develops to the same extent as it does in seeing persons. In terms of analogies based on geometric material, seeing persons tend to achieve better results, doing tasks in terms of visual perception, with the blind performing the same tasks as the seeing group, but by touch. The lowest scores were achieved by blind pupils solving the same problems by touch.

Zofia Sękowska⁷ in her studies on analogical reasoning stressed just how great the importance of analogies is, especially in terms of appreciation of external characteristics of specific objects such as: size, colour, shape. These are properties unavailable to the blind. In view of Zofia Sękowska, the blind use analogies when getting to know simple items that are not very complex, and this is possible thanks to them having general information on that specific subject. The blind use analogies as to the size of objects relatively rarely. Another advantage of using analogies is applying them to naming sensory or emotional stimuli and to create surrogate representations. In view of M. Grzegorzewska⁸, surrogate representations are *specific substitutes of those parts of a view that are not or not fully available to blind persons and play an important role in shaping their world of images and concepts*. An analogy permits the fusion of stimuli, seeking common properties. Such cognitive activity enriches one's knowledge, expands the scope of surrogate representations that thus become multimodal.

⁷Z. Sękowska, *Kształcenie dzieci niewidomych*, Wydawnictwo PWN, Warszawa 1974, pp. 175-183.

⁸M. Grzegorzewska *Struktura wyobrażeń surogatowych u niewidomych*, *Polskie Archiwum Psychologii*, 1927, vol. 1, 4, p. 302.

In order for the blind to be able to make analogies, the ability is necessary to create specific mental representations that emerge as a result of a complex cognitive process based on sensations from various sources: sensory channels (touch, hearing, senses) as well as spatial sensations⁹. These sensations are then transferred to working memory, where they are further processed. In view of Serge Bouaziz, Sandrine Russier and Annie Magnan¹⁰; Cesar Cornoldi, Maria-Chiara Fastame and Tomaso Vecchi¹¹; Morton A. Heller and Edouard Gentaz¹², innate blindness does not hinder the creation of mental images, but they span less information and emerge more slowly than in case of persons utilising eyesight.

The comparison of geometric analogies requires the ability to perform rotations. In order to do them, a reference point is needed, with respect to which the rotation is to take place. Hence, in view of Anna Sfard, the use of various fixed frames in the process of learning things, in which objects, items, drawings can be rotated, whereby curves and diagrams can be created¹³. Brigotte Röder and Frank Rösler¹⁴ have in turn stated that the formation of rotated objects in the imagination of the blind occurs more slowly and contains more errors than is the case of seeing persons.

⁹ C. Cornoldi, M.-C. Fastame, T. Vecchi, *Congenitally blindness and spatial mental imagery*, [in:] *Touching for Knowing*, eds. Y. Hatwell, A. Streri, E. Gentaz, Amsterdam/Philadelphia: John Benjamins Publishing Company, 2003, vol. 53, pp. 173–187.

¹⁰ S. Bouaziz, S. Russier, A. Magnan, *The Copying of Complex Geometric Drawings by Sighted and Visually Impaired Children*, “Journal of Visual Impairment and Blindness” 2005, vol. 99(12), pp. 765–774

¹¹ C. Cornoldi, M.-C. Fastame, T. Vecchi, *Congenitally blindness and spatial mental imagery*, [in:] *Touching for Knowing*, eds. Y. Hatwell, A. Streri, E. Gentaz, Amsterdam/Philadelphia: John Benjamins Publishing Company, 2003, vol. 53, pp. 173–187.

¹² M.A. Heller, E. Gentaz, *Psychology of Touch and Blindness*, Psychology Press, New York 2014, pp. 132–149.

¹³ A. Sfard, *Balancing the unbalanceable: The NCTM Standards in Light of Theories of Learning Mathematics*, [in:] *A research companion to principles and standards for school mathematics* eds. J. Kilpatrick, W.G. Martin, D. Schifter, National Council for Teachers of Mathematics, Reston, Virginia 2003, pp. 353–392.

¹⁴ B. Röder, F. Rösler, *Visual input does not facilitate the scanning of spatial images*, “Journal of Mental Imagery”, 1998, vol. 22(3–4), pp. 165–182.

Studies on the use of analogies in a group of blind pupils, as well as the creation of spatial representations, were conducted by Marcus Knauff and Elisabeth May¹⁵. They have conducted three sets of experiments, in which blind and seeing persons (blindfolded) performed the same tasks. These applied to the determination of eye-space relations that are easy to solve both with eyesight as well as spatially; visual relations that can be solved easily visually, and difficult problems, in which the solutions are difficult to foresee both visually as well as spatially. As it turned out, the blind, irrespective of the task type, solved them more slowly and less precisely. The authors also believe that if inference on spatial relations is also based on verbal data, then the reasoning process itself proceeds more effectively and is more correct.

Analogical reasoning plays an enormous role in the life of the blind. It permits the cognition of phenomena that are not available to the blind by touch or hearing. As the seeing utilise verbal material and expressions describing relations between all senses – the blind must, as best as they can, get to know these expressions for themselves. Analogy lets them to just this. Thinking by analogies permits the cognition of specific relations between objects, concepts, phenomena, expands the vocabulary, increases the volume of understood concepts, thanks to which the emerging vision of reality is much more fitting.

Methodological assumptions

The purpose of the article is the determination, how reasoning by geometric analogies proceeds in three age groups of blind and seeing pupils (ages 10, 12 and 14). Based on literature concerning special education and psychology as well as own experiences, the following research questions were posed, which were later verified through appropriately selected measurement tools:

¹⁵M. Knauff, E. May, *Mental Imagery, Reasoning, and Blindness*, "The Quarterly Journal of Experimental Psychology", 2006, vol. 59(1), pp. 161-177.

- 1) What are the characteristics of reasoning by geometric analogies in blind pupils in the 3rd and 5th grades of primary school and in the 1st grade of lower secondary school?
- 2) What are the characteristics of reasoning by geometric analogies in blind pupils as compared to seeing pupils in the 3rd and 5th grades of primary school and in the 1st grade of lower secondary school?

Research on analogies based on geometric material was conducted, among others, by Bogdan Pietrulenicz¹⁶. He was able to show that in terms of tactile perception of the blind and seeing in 3rd and 5th grades of primary school and in first grade of lower secondary school, with reference to analogies based on image and geometric material, there are no statistically significant differences. In terms of tactile and visual perception of seeing pupils, in turn, there are statistically significant differences irrespective of the age of those studied (10, 12 and 14). In addition, work by B. Pietrulenicz¹⁷ has shown that there are no statistically significant differences in terms of tactile perception of the blind and visual perception of the seeing. It is thus assumed that the blind can just as aptly as the seeing describe relations of analogies based on geometric material.

Characteristics of the studied group

The study spanned 126 pupils¹⁸. The basic group was composed of 63 blind pupils aged ten (3rd grade of primary school), 12 (5th grade

¹⁶ B. Pietrulenicz, *Rozwój rozumowanie przez analogię u dzieci niewidomych*, Wydawnictwo PAN, Komitet Nauk Psychologicznych, Zakład Narodowy Ossolińskich, Wrocław, Kraków, Gdańsk, Łódź 1983, pp. 82-95.

¹⁷ B. Pietrulenicz, *Rozwój rozumowanie przez analogię u dzieci niewidomych*, Wydawnictwo PAN, Komitet Nauk Psychologicznych, Zakład Narodowy Ossolińskich, Wrocław, Kraków, Gdańsk, Łódź 1983, pp. 82-95.

¹⁸ The study was conducted in the academic year 2007/2008 and are a part of studies executed ahead of a doctoral dissertation. Since that time, no studies concerning geometric analogies were undertaken in Poland.

of primary school) and 14 (1st grade of lower secondary school). They were subdivided into three age categories of 21 pupils. Blind pupils originally came from all of Poland and learned at seven special-purpose school facilities, hence their choice for the group was purposeful. The blind pupils were an equal group in terms of gender – there were 25 boys and 38 girls. Among the 21 studied third-graders – nine (42.9%) were at the boarding school for four years, meaning, since beginning learning in class „0”, two persons (9.5%) remained there for three years, seven persons (33.3%) – two years, two persons (9.5%) – one year. In 5th grade, four persons (19%) resided at the facility since age six, seven (33.3%) – since 1st grade, one (4.8%) – since 2nd grade, five (23.8%) – since 3rd grade, 2 (9.5%) – since 4th grade, two persons (9.5%) had never stayed at a boarding school. Among pupils of lower secondary schools, eight (38.1%) remained at the boarding school for seven years, meaning since 1st grade, six (28.6%) – for six years, 3 (14.2%) – for five years, one (4.8%) – for four years, 1 (4.8%) – for a year, two lived outside of the facility.

The comparison group was composed of 63 seeing pupils subdivided into the same age groups of the same size. The choice for the comparative group was purposefully random, as it was selected in terms of numbers, genders, ages and places of residence as compared to the blind pupils.

When choosing persons for the group, the formerly selected criteria were adhered to: the presence or lack of eyesight damage (in case of pupils with eyesight damage, the studied group was made up of persons who were born blind or those who had lost their eyesight before the age of five); age (10; 12 14 years); determined correct intellectual development; school type (special education facility for blind pupils; public school for seeing pupils); no additional illnesses.

The present article presents results of trials spanning analogies based on image and geometric material. In order to test reasoning through geometric analogies, utilised were twelve *series B matrices* from the *Progressive Matrices* of John C. Raven. Only series B was selected because it is based on analogies between pairs of figures,

which is congruent with the set research objectives. The seeing pupils were to solve the image-based version in its original form, with the blind receiving the matrices transformed into tactile versions.

The series B of 12 matrices by John C. Raven was constructed based on analogies between two pairs of figures. The task of the pupil is to discover the relation between the pair of figures, and the transposition of this relation on to the other pair, composed of one component that is shown, and the unknown to be chosen by analogy out of six indicated sections. The figures may be rotated about the horizontal or vertical axis. The shapes of the figures in tasks B₁, B₉, B₁₀, B₁₁, B₁₂ are point-symmetric, and in tasks B₂, B₃, B₄, B₅, B₆, B₇, B₈ they are point-asymmetric. Point-symmetric figures do not change their position when rotated about their axis, and point-asymmetric figures do change their position.

Results

A statistical analysis of the data obtained thanks to the use of the 12 series B tables of *Progressive Matrices* by J.C. Raven permitted the determination of the results in terms of geometric analogies achieved by both blind as well as seeing pupils aged ten, 12 and 14, learning on the same levels of education (see Table 1).

Table 1. Differences of means for the variables for geometric analogies of blind and seeing pupils

Variable	Pupil age	Blind pupils (N=63)		Seeing pupils (N=63)		Student's t-test results		
		M	SD	M	SD	t	df	p
Geometric analogies	10 years	4.10	1.37	6.00	2.53	-3.032	40	0.005
	12 years	7.76	2.30	8.48	1.81	-1.119	40	0.270
	14 years	9.33	1.24	10.00	1.55	-1.540	40	0.131

Legend: M - arithmetic mean, SD - standard deviation, df - degrees of freedom, p - significance, bold type - statistical significance < 0.05;

Source: Own analysis based on SPSS 24.0.

In terms of geometric analogies, the pupils were to solve 12 tasks. For each correct answer, a point was awarded. The maximum score was 12, the minimum – zero. The lowest mean value in geometric analogies was achieved by blind pupils attending 1st grade of lower secondary school (14 years), at $M=9.33$, which is 77.75% of the maximum achievable score (seeing pupils achieved a mean result of $M=10$). The results diverge by 1.23, and the range for the mean results is 8.10 to 10.56. The lowest score in the group of blind 14-year-olds is seven points, the top score – 11. The mean value of results achieved by blind pupils aged 10 was $M=4.10$, which is 34.16% of the maximum achievable result. This is the lowest score achieved among all the blind pupils. The results diverge by 1.37 points, and the range of mean results thus created is 2.73 to 5.47. In this group the minimum score was two points, and the maximum – seven.

The conducted analysis had disclosed the presence of one statistically significant difference between the studied groups of blind and seeing pupils (see Table 1). Based on Student's t-test, it was shown that in terms of reasoning through geometric analogies, there exists a statistically significant difference between blind and seeing pupils aged ten, learning in 3rd grade of primary school ($t=-3.032$ (40); $p<0.05$). Based on the mean arithmetic value, one could state that seeing pupils ($M=6.00$) achieve significantly higher results for the discussed analogy type.

The numerical data from table 1 permit the conclusion that there are no statistically significant differences between groups of blind and seeing pupils aged 12 (attending 5th grade of primary school) and 14 (1st grade of lower secondary school). One can only conclude, based on the arithmetic means, that both for the former ($M=7.76$ and $M=9.33$) and the latter age group ($M=8.48$ and $M=10.00$), seeing pupils achieve better scores in solving tasks based on geometric material.

The obtained empirical material also permits the conclusion that the highest distribution of scores among blind pupils is found in 5th grade of primary school (age 12), and among the seeing – in 3rd grade of primary school (age 10). This distribution reduces with age.

Based on arithmetic means, one may notice that the highest gain in results for the base group (blind pupils) as well as the control group (seeing pupils) is found between the 3rd and 5th grades of primary school.

Below is presented data concerning the intra-group difference determination using single-factor variance analysis (ANOVA) (see Table 2). Result F of the variance analysis for the variable of geometric analogies of blind pupils aged 10 (3rd grade of primary school), 12 (5th grade of primary school) and 14 (1st grade of lower secondary school) indicates the presence of statistically significant differences for the analysed variable, indicating intra-group variability.

Table 2. Results of the single-factor variance analysis (ANOVA) for the variable of age for geometric analogies in blind pupils

Variable	Group	M	Variance analysis (ANOVA) results			
			F	Groups	Difference of means	p
Geometric analogies	aged 10	4.10	F=52.235 df ₁ =2 df ₂ =60	1 and 2	-3.667	0.000
	aged 12	7.76		1 and 3	-5.238	0.000
	aged 14	9.33		2 and 3	-1.571	0.029

Legend: M - arithmetic mean, F - variance analysis factor, p - significance, bold type - statistical significance <0.05; df₁, df₂ - degrees of freedom.

Source: Own analysis based on SPSS 24.0

The analysis of the numbers had revealed, based on F factor value for the single-factor variance analysis (ANOVA) that reasoning through geometric analogies is differentiated by the age of the analysed persons (F(2;60)=52.235; p<0,05; see Table 2). For the purpose of determination of statistically significant differences in terms of reasoning by geometric analogies between blind pupils aged 10, 12 and 14, an analysis of the results was conducted using Dunnett's Test, as the variances were not uniform. It must be noted that pupils aged 14 (1st grade of lower secondary school) are characterised by

a significantly higher mean result ($p < 0.005$) compared to pupils aged 12 (5th grade of primary school; $p < 0.005$) and pupils aged 10 (3rd grade of primary school; $p < 0.05$). One may additionally conclude, based on arithmetic means, that the higher the age difference between pupils, the discrepancies among the groups of blind people are higher.

The analysis of the results also shows that for blind people in the three studied age groups, the following turned out to be the simplest tasks: 1 (M=18.33), 2 (M=17), 3 (M=17), 4 (M=16), 5 (M= 14.33), 6 (M=13), 7 (M=10.66) and 9 (M=11.33). Difficult were the following: 8 (M=9.66), 10 (M=10), 11 (M=6.66), 12 (M=4.31). For seeing pupils, the tasks solved flawlessly are: 1 (M = 20.66), 2 (M=20.66), 3 (M=20.33), 4 (M=17.66), 5 (M=16.33), 6 (M=15), 7 (M=13), 9 (M=11.33) and 10 (M=11). The tasks that proved most difficult are 8 (M=10), 11 (M=7.66) and 12 (M=7.66). There was no task, in which blind pupils would score better than seeing pupils.

Below the individual tasks are characterised according to their numbers.

Task 1 (concerns a symmetrical figure) was the easiest of the 12 presented tasks, and did not pose too much trouble both for blind as well as for seeing pupils. Solely blind third-graders achieved a score of just 13 (61.9%). Almost all of the rest answered correctly.

Task 2 was constructed according to a similar principle as the former, but was somewhat more complicated (point-asymmetric figure). The largest difference are visible between 3rd grade (11 points - 52.38%) and 5th grade (19 points - 90.47%) in the blind group. This difference is eight points. In the group of seeing pupils, this difference is just one point. Pupils of both groups in 1st grade of lower secondary school scored 21 (100%). The typical error made by the pupils is indicating a figure close to the correct one, but differing in size and proportions of the individual components (answers two and three).

Task 3 concerned a point-asymmetric figure. The basis for the correct solution is uncovering the relation of opposition between the pairs of figures. The spread of results is similar to task 2. The high-

est difference was found between 3rd grade (11 points – 52.38%) and 5th grade (19 points – 90.47%) in the group of blind pupils. There were no such differences in the group of seeing pupils. The highest volume of wrong answers given by blind people applied to figure 5, because they did not take into account the 180° rotation. They also indicated figures 4 (figure of varied properties) and 2 (smaller figure).

Task 4 concerned a point-asymmetric figure. Its solution is dependent on the ability to perform the synthesis of a circle. Differences between groups are becoming more visible. Blind third-graders achieved a result of 10 (47.61%) and seeing pupils – 14 (66.66%). The difference amounted to 8 points between 3rd and 5th grade of blind pupils, five for the seeing group. Between 3rd grade of the blind and seeing pupils the difference was four points, and the difference between blind and seeing fifth-graders – one point. Both pupils with damaged eyesight as well as seeing pupils of the 1st grade of lower secondary school achieved scores of 20 (95.23%). The most common wrong answers were indications of figures 4 and 6 as correct. In these figures rotation is not taken into account, they are repetitions of original figures. Figure 3, a smaller-sized figure, was also chosen.

Task 5 is also a point-symmetric figure with varying properties. The analysed person, in order to solve this task, would need to rotate this figure and take into account the altered property of surface linearity. This is a task that is quite difficult for younger pupils. In all age categories, seeing pupils achieved higher results as compared to pupils with damaged eyesight. Both in the base as well as in the control groups, the result improvement progresses most between 3rd and 5th grade of primary school. The most common mistakes made by younger pupils in both studied groups was indicating tables four and five. These are figures that are not rotated by 180°. Figure 3 is the same as the main figure from the bottom left corner. Figure 5 reflects the upper right figure, to which the pupil is supposed to find an analogy.

Task 6 is point-asymmetric, and entails rotation of the figure by 180°. The biggest improvement of results in the base and control

groups was found between 3rd and 5th grade of primary school. The difference in scores in the blind group was eight points, ten points in the seeing group – 10 points. Differences between results achieved by 5th grade of primary school and 1st grade of lower secondary school are minimum and amount to two points and one point, respectively. Characteristic errors made by pupils in both groups is indicating the following answers: 2, 4, 5, 6. Figure 2 corresponds to the main figure in the upper left corner, figure 4 is equivalent to the main figure from the upper right part of the page. Responses indicating figures 5 and 6 apply to rotation by 180°, not by 90°.

Task 7 also covers a point-asymmetric figure. The difficulty level for this task is high, requiring the pupil to execute a rotation by 180° and to consider the surface linearity, which is not simple for blind pupils in lower grades. The highest improvement of scores for this task is again found in the time between 3rd and 5th grade of primary school. The difference in results between 3rd and 5th grade in the group of blind pupils amounted to seven points, and in the group of seeing pupils – eight points. The difference between 5th grade of primary school and 1st grade of lower secondary school in the group of blind pupils is three points, and one point in the group of seeing pupils. In this task, for all age groups, seeing pupils achieved better results. The answers selected most frequently were 2, 3, 4 and 6. Figure 2 repeats the main figure from the upper right part of the page. Figure 3 is rotated horizontally and vertically by 180°, but has no characteristics of linearity. Figure 4 is rotated by 180° in the horizontal axis. Figure 6 is rotated by 180° in the horizontal and vertical axes, but has characteristics of linearity.

Task 8 concerns a point-asymmetric figure. Its solution is dependent on the ability to discern a figure from its background. The highest gain in results is found between 3rd and 5th grade of primary school. In the blind group, the difference in scores between pupils of these grades was 5 points, among seeing pupils – 8 points. Differences between pupils from 5th grade of primary school and 1st grade of lower secondary school are minimal. In this task, seeing pupils again achieved better results than their blind counterparts.

Errors concerned the following figures: 1, 3, 5, 6. Figure 1 is a repetition of the main figure in the top part of the left page. Figure 3 refers to main figures placed on the right in the bottom and upper parts. Pupils who chose response no. 5 as the unknown, indicated the figure but omitted changes in its properties. Figure 6 may be similar to the correct one, but is not identical.

Task 9 refers to a point-symmetric figure and requires rotation of figures. In this task, just like in the former tasks, the highest spread of results both for blind pupils as well as for seeing pupils is found between 3rd and 5th grades of primary school. The difference in the achieved results for the blind pupil group was 5 points, and in the group of seeing pupils – 7 points. Differences between 5th grade and grade one of lower secondary school are minimal. In this task, blind people from 3rd grade got one point more than seeing pupils. However, the score of pupils from the basic and comparison group from the 1st grade of lower secondary school is 15 (71.42%) each. Wrong solutions are the following figures: 1, 2, 5, 6. Figure 1 is a repetition of the main figure on the upper right side of the page. Figure 2 is also a repetition of the main figure, to which analogies must be made, but it does not consider changes of properties due to added elements. Figure 5 is a repetition of the main figure from the lower left part of the page. Figure 6 considers properties of the main figure, but not the one to which analogies must be found.

Task 10 is a point-symmetric task, and requires the introduction of an additional element. The highest gain of results is found for the period between 5th grade of primary school and 1st grade of lower secondary school, because for blind pupils the difference here is eight points, and for seeing pupils – 12 points. This task turned out to be very difficult for blind third-grade pupils, because they only scored four points. Among the groups of blind and seeing pupils, mistakes were similar. Most mistakes were made by blind 3rd grade pupils. They indicated all the possible answers, most frequently – 1 and 2, repetitions of the main figures. Figures 3, 4, 5 and 6 were chosen less frequently.

Tasks 11 and 12 are point-symmetric. Both pupils from the base group as well as from the control group achieved low scores. In

task 11, which entailed changing the location of the figure, blind and seeing third-graders only gave two correct answers. In task 12, none of the blind pupils chose a correct answer. Neither in task 11, nor in task 12 did blind pupils achieve better results than those of seeing pupils. In terms of task 11, pupils would indicate all of the possible wrong answers, with figures 2, 3 and 6 being most frequent. Figure 2 was a repetition of the main figure from the left part of the page; figure three is a rotation of the figure, to which an analogy was to be constructed. Responses indicating figure 6 referred to a repetition of the main figure. Task 12 was the most difficult. Its basis was subtraction of figures in the centre. The most common errors were answers two and three, which were repetitions of the main figures. They appear most frequently, because pupils, not finding analogies, called on the figures to which they were supposed to find references. Responses 1 and 4 were decidedly less frequent.

Summary and conclusions

To summarise, results obtained during studies on reasoning based on geometric analogies permit the following conclusions:

1. On the basis of statistical analyses it could be shown that in terms of reasoning by geometric analogies, there exists a statistically significant difference between blind and seeing pupils in the 3rd grade of primary school (age 10), in favour of seeing pupils. Blind fifth-graders (age 12) and pupils of the 1st grade of lower secondary school (age 14) also achieved lower scores than their seeing peers, yet these are not statistically significant differences. Such results may be explained by slower development of brain operations such as comparisons, in blind pupils. With age, the distribution between the base and comparison group drops decidedly, as older-aged pupils,

thanks to systematic tactile exercises, perfect their abilities to differentiate, classify and rotate objects. Similar conclusions were drawn, based on their research, by Bogdan Pietrulewicz¹⁹ and Krzysztof Klimasiński²⁰.

2. In all 12 trials of geometric analogies, it was determined that blind pupils achieved weaker scores than their seeing peers did. This could stem from the properties of the material they worked with. Seeing pupils solved original tasks, and blind pupils used tactile versions, making noticing differences between the figures, as noted earlier, more difficult.
3. Point-symmetric trials turned out to be the most difficult, as they required changing the location of the figure and subtraction of figures from the inside. The most common errors made both by blind as well as by seeing pupils were the following: repetitions of main figures, wrong rotation, choosing similar figures that differed in size and proportion of the individual components, failing to take account linearity. Errors had similar properties in both groups, but blind people made many more of them.

Analogical reasoning is one of the basic modes of expansion and enrichment of knowledge. It is the more perfect, the more blind pupils have modes to utilise it in practice. For this purpose, teachers should care for the preparation of various tasks of analytical, synthetic and analytical-synthetic character.

Teachers should also keep in mind that during classes not only in exact sciences, pupils should be able to make comparisons, abstractions, to rotate and change the location of items. In order to improve the quality of geometric analogies, as many sensory exercises as possible are needed; these should be based on the senses of touch and hearing as well as spatial orientation.

¹⁹B. Pietrulewicz, *Rozwój rozumowanie przez analogię u dzieci niewidomych*, Wydawnictwo PAN, Komitet Nauk Psychologicznych, Zakład Narodowy Ossolińskich, Wrocław, Kraków, Gdańsk, Łódź 1983, pp. 82-95.

²⁰K. Klimasiński, *Rola wyobrażeń przestrzennych w rozwoju myślenia dzieci niewidomych*, Wydawnictwo PAN, Zakład Narodowy Ossolińskich, Wrocław-Warszawa-Kraków-Gdańsk 1977, pp. 47-89.

Bibliography

- Biela A., *Psychologiczne podstawy wnioskowania przez analogię*, Wydawnictwo PWN, Warszawa 1989.
- Bouaziz S., Russier S. Magnan A., *The Copying of Complex Geometric Drawings by Sighted and Visually Impaired Children*, "Journal of Visual Impairment and Blindness" 2005, vol. 99(12), pp. 765-774.
- Chlewiński Z., Falkowski A., Francuz P., *Wnioskowanie przez analogię w procesach kategoryzacji*, Wydawnictwo Towarzystwo Naukowe KUL, Lublin 1995.
- Cornoldi C., Fastame M.-C., Vecchi T., *Congenitally blindness and spatial mental imagery*, [in:] *Touching for Knowing*, eds. Y. Hatwell, A. Streri, E. Gentaz, Amsterdam/Philadelphia: John Benjamins Publishing Company, 2003.
- Grzegorzewska M., *Struktura wyobrażeń surogatowych u niewidomych*, *Polskie Archiwum Psychologii*, 1927, vol. 1, 4, p. 302.
- Heller M.A., Gentez E., *Psychology of Touch and Blindness*, Psychology Press, New York 2014.
- Klimasiński K., *Rola wyobrażeń przestrzennych w rozwoju myślenia dzieci niewidomych*, Wydawnictwo PAN, Zakład Narodowy Ossolińskich, Wrocław-Warszawa-Kraków-Gdańsk 1977.
- Knauff M., May E., *Mental Imagery, Reasoning, and Blindness*, "The Quarterly Journal of Experimental Psychology", 2006, vol. 59(1), p. 161-177.
- Kwiatkowski T., *Logika ogólna*, Wydawnictwo UMCS, Lublin 1992.
- Nęcka E., Orzechowski J., Szymura B., *Psychologia poznawcza*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2006.
- Pietrullewicz B., *Rozwój rozumowanie przez analogię u dzieci niewidomych*, Wydawnictwo PAN, Komitet Nauk Psychologicznych, Zakład Narodowy Ossolińskich, Wrocław, Kraków, Gdańsk, Łódź 1983.
- Przybyłowski J., *O pewnej interpretacji wnioskowania przez analogie*, [in:] *Logiczne podstawy rozumowań*, part II, ed. by L. Kostro, J. Przybyłowski, Wydawnictwo, Uniwersytet Gdański, Gdańsk 1997.
- Röder B., Rösler F., *Visual input does not facilitate the scanning of spatial images*, "Journal of Mental Imagery", 1998, vol. 22(3-4), p. 165-182.
- Sękowska Z., *Kształcenie dzieci niewidomych*, Wydawnictwo PWN, Warszawa 1974.
- Sfard A., *Balancing the unbalancable: The NCTM Standards in Light of Theories of Learning Mathematics*, [in:] *A research companion to principles and standards for school mathematics*, eds. J. Kilpatrick, W.G. Martin, D. Schifter, National Council for Teachers of Mathematics, Reston, Virginia 2003.