

WIESŁAWA ŻYSZKOWSKA
Wrocław
wieslawa.zyszkowska@gmail.com

Cechy obrazu kartograficznego w odbiorze mapy

Zarys treści. Artykuł poświęcony jest właściwościom i mechanizmom percepcji wzrokowej, stanowiącej podstawę odbioru mapy, w kontekście ich znaczenia dla stosowanych zasad konstrukcji znaków kartograficznych. Percepcja wzrokowa obejmuje procesy o charakterze neurosensorycznym, dokonujące się między okiem a pamięcią krótkotrwałą.

Omówiono charakter procesu percepcji wzrokowej, system wzrokowy oraz wrażliwość tego systemu na poszczególne cechy pola widzenia – znaków kartograficznych oraz całej mapy.

Słowa kluczowe: percepcja, system wzrokowy, zmienne graficzne, prymitywy wizualne

1. Wstęp

Szybka wymiana informacji, w jakiej dzisiaj biorą udział mapy, wymaga bardziej precyzyjnego niż dotychczas formułowania języka kartograficznego, dostosowanego do przekazywania informacji określonym grupom odbiorców i do określonego celu. Zastosowanie zasad percepcji jest szczególnie ważne w systemach komputerowych, które umożliwiają szybkie i łatwe opracowanie map, są jednak przyczyną poważnych błędów kartograficznych.

Mapy są obrazami o specyficznych właściwościach graficznych i pojęciowych, których odbiór jest ściśle uwarunkowany funkcjonowaniem systemu wzrokowego. Dotychczasowe badania nad percepcją mapy oraz doświadczenia psychologii poznawczej, które umożliwiają poznanie podstawowych zasad działania systemu wzrokowego, przyczyniają się do pogłębienia naszej wiedzy o procesie percepcji mapy. Z tego punktu widzenia ważne jest zapoznanie się zarówno z procesem percepcji wzrokowej, jako podstawy percepcji mapy, jak i z właściwościami systemu wzrokowego, które decydują o tym, w jaki sposób spostrzegamy poszczególne cechy znaków kartograficznych oraz mapę jako całość.

2. Właściwości systemu wzrokowego

Percepcja mapy opiera się na procesie percepcji wzrokowej¹, w którym uczestniczą oczy oraz część systemu nerwowego, przekazującego informacje do ośrodków w mózgu, regulujących zjawiska uwagi i pamięci. Odbite od powierzchni mapy promienie światła, czyli fale o różnej długości i amplitudzie, docierają do receptorów, rozmieszczonych na powierzchni *siatkówki* z różną gęstością. Są to *pręciki* i *czopki*, różniące się zdolnością do absorpcji światła o różnej amplitudzie i długościach fali. Czopki reagują na wysoki poziom oświetlenia, przy czym trzy typy czopków reagują na trzy zakresy długości fal: długie, średnie i krótkie, którym odpowiadają trzy podstawowe kolory: zielony, czerwony i niebieski. Wiązka promieni odbitych od niewielkiego obszaru pola widzenia, na którym skupia się wzrok, czyli od *punktu fiksacji*, pada na *plamkę żółtą*, wypełnioną szczególnie czopkami, charakteryzującą się dużą rozdziel-

¹ Rozpatrujemy tu wyłącznie proces percepcji związanej z systemem wzrokowym. Osoby niedowidzące korzystają ze zmysłów dotyku lub słuchu i w tym przypadku percepcja mapy ma zupełnie inny charakter, dlatego problematyka ta powinna być przedmiotem odrębnego opracowania.

czością i dobrym rozróżnieniem barw (P.H. Lindsay, D.A. Norman 1984; M. Ostrowski 1992). W miarę oddalania się od plamki żółtej czopki są zastępowane przez pręciki, które reagują na kontrasty w peryferyjnych częściach pola widzenia.

Reakcje receptorów są przekazywane do wyższych poziomów układu nerwowego za pomocą *komórek zwojowych*, które łączą receptory ze sobą oraz z *nerwem wzrokowym*. Reakcje tych komórek, połączonych z sąsiadującymi ze sobą obszarami siatkówki, mogą się wzajemnie wzmacniać lub hamować, w zależności od siły bodźców w obu obszarach (P.H. Lindsay, D.A. Norman 1984).

Reakcje oka są przekazywane do tzw. pola projekcyjnego, w którym odpowiednie zespoły „modułów” kodują obecność pewnego typu cech, jak wielkość, kształt, kolor oraz nachylenie linii oraz przekazują informacje do wzrokowych pól kojarzeniowych, w których dokonuje się identyfikacja kształtów i układów poszczególnych elementów obrazu. Na tym poziomie w percepcji bierze już udział analiza o charakterze psychicznym.

Na reakcje wzroku na oglądany przez użytkownika obraz mapy w istotnym stopniu wpływają właściwości systemu wzrokowego. Należą do nich: rozdzielczość wzroku, adaptacja wzroku, hamowanie i sumowanie reakcji, reakcja na poszczególne cechy obrazu oraz zjawiska grupowania (C. Bonnet, R. Ghiglione i J.-F. Richard 2000).

Promienie odbite od obiektu tworzą z osią wzrokową kąt, zwany *kątem* lub *polem widzenia*. Ta właściwość, nazwana *rozdzielczością* lub *ostrością wzroku* jest uwarunkowana gęstością receptorów na siatkówce oka. Największą rozdzielczością charakteryzuje się plamka żółta, a w miarę oddalania się od tego obszaru rozdzielczość szybko maleje.

Wzrok przystosowuje się do czasowych i przestrzennych zmian oświetlenia pola widzenia dzięki właściwości zwanej *adaptacją wzroku*, która wywiera wpływ na odbiór jasności i barwy oraz wielkości sąsiadujących ze sobą elementów obrazu. Średni poziom oświetlenia siatkówki określany jest mianem *poziomu adaptacji świetlnej*. W odniesieniu do jasności właściwość ta nie ma większego znaczenia w normalnych warunkach odbioru mapy, gdy poziom oświetlenia jest wystarczająco wysoki i stały, odgrywa jednak istotną rolę, gdy odbiór mapy

odbywa się w warunkach specjalnych, np. podczas jazdy samochodem, pilotowania samolotu lub w czasie biegu na orientację. W przypadku składu spektralnego światła mamy do czynienia z *adaptacją do barwy*, dzięki której możliwa jest stałość subiektywnego wrażenia barwy przedmiotów niezależnie od poziomu oświetlenia (J. Zabrodzki 1994).

Sąsiadujące ze sobą receptory wzmacniają lub hamują wzajemnie swoje reakcje. Bodziec o zbliżonej intensywności wywołuje zjawisko *przestrzennego sumowania reakcji*, a dłuższy czas trwania bodźca wywołuje zjawisko *czasowego sumowania reakcji* (C. Bonnet, R. Ghiglione i J.-F. Richard 2000). Z kolei oświetlenie receptorów w różnym stopniu wywołuje reakcje przeciwstawne, czyli *hamowanie oboczne*, którego efektem jest zjawisko *kontrastu obocznego* (P.H. Lindsay, D.A. Norman 1984; J. Zabrodzki 1994; C. Bonnet, R. Ghiglione i J.-F. Richard 2000). Zjawisko hamowania obocznego wpływa również na percepcję barwy, powodując zmianę widzianego koloru w kierunku barwy dopełniającej. W przypadku zmian charakteru bodźca w czasie ma miejsce *zjawisko kontrastu następczego*.

3. Reakcje systemu wzrokowego na cechy obrazu

Wrażliwość oka na odbite od obrazu światło zależy od podstawowych cech elementów, składających się na obraz, których źródłem są *intensywność* i *częstotliwość światła*. Do cech tych należą: *jasność*, *wielkość*, *kolor*, *orientacja*, *kontrast* i *częstość przestrzenna*. Percepcji towarzyszą też zjawiska *grupowania*, odróżnianie *figury* od *tła*, wyodrębnienie *konturu* i *formy* oraz postrzeganie *względnej położenia* elementów obrazu. Fakt, że pewne cechy obrazu są postrzegane jako wymiary elementarne², ma ważne implikacje dla definiowania *zmiennych wizualnych (graficznych)*. Poszczególne cechy obrazu stają się obiektem percepcji pod warunkiem przekroczenia pewnego *proggu*. Wartości progowe bodźców są różne dla poszczególnych wymiarów i zmieniają się w zależności od warunków percepcji, a zwłaszcza pod wpływem mechanizmu adaptacji.

² J. Zabrodzki (1994) oraz C. Bonnet, R. Ghiglione i J.-F. Richard (2000) używają określenia „prymitywy wizualne”.

3.1. Jasność

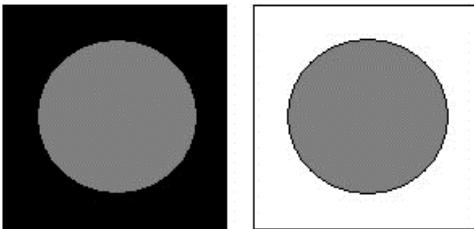
Wrażenie *jasności* znaków kartograficznych wywołuje intensywność strumienia światła odbitego od powierzchni mapy. Jasność nie jest odbierana zgodnie z jej rzeczywistymi wartościami, bowiem jak mówi prawo Webera-Fechnera, jej ocena ulega systematycznym zniekształceniom, które wyraża wzór:

$$W = \log(1 + L_R)$$

gdzie W – wrażenie jasności odbierane przez oko,

L_R – luminancja rzeczywista.

Oznacza to, że jednakowy przyrost stopnia szarości nie wywołuje jednakowego przyrostu wrażenia (P.H. Lindsay, D.A. Norman 1982; J. Zabrodzki 1994). Ocena jasności podlega ponadto mechanizmowi adaptacji, który sprawia, że ten sam poziom jasności plamy jest postrzegany różnie w zależności od jasności tła (ryc. 1).



Ryc. 1. Wpływ adaptacji wzroku na odbiór jasności obiektów. Szara plama na czarnym tle wydaje się jaśniejsza niż ta sama plama umieszczona na tle białym

Dokonywana w trakcie percepcji mapy ocena stopnia szarości nie odpowiada jego fizycznej wartości, dlatego w celu zobiektywizowania badań odbioru szarości wykorzystuje się krzywe spektrum szarości, które pokazują ilość światła odbitego od danego poziomu szarości. Stwierdzono, że w odbiorze stopni szarości nie ma znaczenia, czy granicami skali są wartości skrajne – czarny i biały, czy też jest ona fragmentem spektrum, przy czym różne typy rastrów i różne barwy, z wyjątkiem żółtej, mają bardzo podobne krzywe (R.L. Williams 1958).

Cecha jasności znaków znajduje w kartografii zastosowanie w postaci zmiennej gra-

ficznej jasności, która jest wykorzystywana do określania intensywności zjawisk. Wrażenie jasności uzyskuje się m.in. poprzez zróżnicowanie gęstości rastrów. Skale szarości, można skonstruować wykorzystując różne zasady. Skala wskaźnikowa charakteryzuje się równym przyrostem stopnia szarości, a szary ton, który wygląda dwa razy jaśniej niż inny, jest przypisany dwa razy większej wartości liczbowej. Drugi typ skali, oparty na równych interwałach stopni szarości, powstaje przez podział spektrum szarości na stopnie odbierane jako stopnie równej wielkości, które nie są postrzegane zgodnie z wartościami fizycznymi. Oznacza to, że uzyskanie stopni równych wartości wymaga wzrastających interwałów. Badania nad określaniem skal o równych wartościach prowadzili R.L. Williams (1958), A.J. Kimmerling (1975) i M.P. Peterson (1979). R.L. Williams stwierdził, że krzywa spektrum szarości jest jednakowa dla rastrów punktowych i liniowych i dlatego można przypuszczać, iż podobne wyniki jak dla skal szarości, można uzyskać również dla skali ziarna.

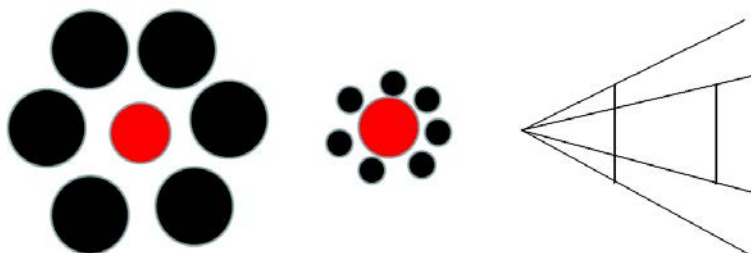
3.2. Wielkość

Różnice kątów widzenia odpowiadających polom o różnej jasności dostarczają informacji o rozciągłości czyli *wielkości* postrzeganych obiektów. Wielkość powierzchni, jaką zajmuje plama (znak), wpływa na liczbę pobudzonych przez nią receptorów. Im większy jest oglądany przedmiot, tym większy kąt obejmuje reagujący na niego zakres siatkówki i więcej receptorów ulega pobudzeniu. Próg percepcji dotyczący wielkości znaków określany jest na 1'–2' kąta widzenia. Poniżej tej granicy znaki nie mogą być dostrzeżone, a więc identyfikowane. Zasadę dostatecznej widoczności znaków, jako jedną z najważniejszych zasad kartografii, wyróżnił W. Ostrowski (2008), podając rozmiary znaków, grubości linii i odstępów między różnymi grubościami linii.

System wzrokowy nie zawiera mechanizmów bezwzględnej oceny wielkości obiektów, ponieważ wartość ta zależy również od odległości oka od przedmiotu. Ponadto w ocenie wielkości bierze udział adaptacja wzroku, dlatego może się ona odbywać wyłącznie przez porównywanie obiektów znajdujących się w polu wzrokowym, na podstawie kątów

widzenia odpowiadających poszczególnym obiektom (ryc. 2).

Reakcja systemu wzrokowego (R) na wielkość znaku (S) ma postać funkcji wykładniczej



Ryc. 2. Wpływ adaptacji wzroku na odbiór wielkości znaków. Czerwone koła o tej samej wielkości wydają się mieć różne rozmiary w zależności od wielkości otaczających je kół. To samo zjawisko dotyczy pionowych linii w otoczeniu innych linii o różnych odstępach

czej: $R = kI^w$, która jest znana jako *prawo Stevensa*. Stała k wyraża stopień adaptacji receptora i jest coraz mniejsza dla kolejnych czasów działania bodźca. Stała w jest na ogół mniejsza od jedności. W przypadku gdy $w = 1$, funkcja ta jest zależnością liniową (P.H. Lindsay, D.A. Norman 1982), co oznacza zgodność między fizyczną i ocenianą wielkością znaku. Taka sytuacja ma miejsce w przypadku znaków jednowymiarowych, np. linii lub słupków. Figury i bryły znacznie silniej podlegają prawu Stevensa, które działa nawet wówczas, gdy wielkości kół zostaną powiększone zgodnie ze współczynnikiem w , co bez powodzenia próbowali wykorzystać R.L. Williams (1956), J.J. Flannery (1971) i P.V. Crawford (1973).

T.L.C. Griffin (1985) stwierdził, że diagramy skalowane według zasady J.J. Flannery'ego również podlegają prawu potęgowemu, które wywołuje zjawisko pobudzenia dysproporcji, ponieważ wzrost wielkości znaków powoduje jednocześnie obniżenie wykładnika równania do tego stopnia, że współczynnik powinien być ponownie powiększony. Ponadto C.W. Cox (1973, 1976) wykazał, że w ocenie wielkości znaków na mapie ma miejsce zarówno zjawisko przeceniania, jak i niedoceniania, wywołane działaniem *poziomu adaptacji* oraz *zjawiskiem kotwiczenia*, co utrudnia ustalenie jednoznacznych zasad oceny wielkości znaków na mapie.

W ocenie wielkości znaków poziom adaptacji

jest zmienny, zależy bowiem zarówno od rozmiarów znaków w legendzie, jak i od rozmiarów znaków na mapie. Potwierdziły to testy, przeprowadzane kilkakrotnie w latach dziewięć-

dziesiątych przez autorkę z udziałem studentów kartografii (łącznie około 50 osób), które wykazały zarówno zawyżanie, jak i zaniżanie wielkości w stosunku do znaku – wzorca, z którym porównywano pozostałe³. Łatwo to zauważyć, gdy podstawa porównania jest stała (w testach było to jedno koło), ale na mapie pary porównywanych znaków stale się zmieniają, z trudem można więc określić, które oceny są zawyżone, a które zaniżone.

W trakcie odbioru mapy możliwe są dwie sytuacje. Pierwsza z nich ma miejsce, gdy znaki są widziane jednocześnie w polu wzrokowym, a druga gdy porównuje się znaki leżące w takim oddaleniu od siebie, że ich porównanie wymaga przeniesienia wzroku. Dotyczy to zarówno znaków leżących na jednej mapie w pewnej odległości od siebie, jak i przede wszystkim porównania znaku na mapie ze znakiem w legendzie. Ta sytuacja jest związana z koniecznością wykorzystania pamięci długotrwałej.

Ocena wielkości znaków poprzez porównywanie ze sobą znaków odbywa się na różnych poziomach skali pomiarowej i w każdym przypadku opiera się na innej operacji myślowej, o różnym stopniu udziału pamięci długotrwa-

³ W badaniach wykorzystany został wzór testu, opisany przez P.H. Lindsaya i D.A. Normana (1984, s. 643–647). Testy były przeprowadzane na użytek dydaktyki i ich wyniki nie zostały opublikowane.

łej. Różnice wielkości, oceniane na *poziomie nominalnym*, dostarczają jedynie informacji, że znaki się różnią i nie wymagają bardziej szczegółowej charakterystyki. Porównanie na *poziomie porządkowym* wykorzystuje prostą operację logiczną: równe, mniejsze, większe. System wzrokowy jest tu zaangażowany jedynie na poziomie sensorycznym, związanym z pamięcią ikoniczną i nie odwołuje się do wyższych struktur, np. wiedzy o miarach wielkości.

Porównanie na *poziomie interwałowym* obejmuje ocenę „o ile” jeden znak jest większy/mniejszy od drugiego, w czym bierze udział wiedza o jednostkach miary (mm, cm). Trudność takiej oceny polega na tym, że znaki na mapie są skalowane na podstawie różnych parametrów: liniowych, powierzchniowych lub objętościowych. Na ogół jednak znaki porównuje się na podstawie parametru jednowymiarowego – wysokości słupków, promienia koła (również koła przedstawiającego kulę), boku sześciąnu itp. Oceny wielkości znaków na podstawie parametrów dwu- lub trzywymiarowych wymagałyby operacji myślowych na drugich lub trzecich potęgach liczb, a ponieważ te nie są na ogół dobrze znane, brak nam operacyjnej podstawy do takiego porównania (G.C. Dickinson 1967). Potwierdziły to badania W. Olssona (1963) i P. Grohmana (1975), którzy wykazali, że oceny powierzchni są z reguły bardziej zbliżone do poprawnych niż oceny objętości. Na *poziomie wskaźnikowym* ocena polega na porównaniu „ile razy” różni się jeden znak od innego, co wymaga przeliczania różnicy poprzez mnożenie lub dzielenie, a w przypadku parametrów dwu- lub trzywymiarowych również operacji na drugich lub trzecich potęgach liczb. Również w tym przypadku porównanie opiera się na ogół na wymiarach liniowych.

Operacje te są przeprowadzane poprawnie pod warunkiem wystarczającej progowej wartości różnicy między znakami. Wartości progowe nie są stałe – zależą zarówno od wielkości znaków jak i od odległości między porównywanymi znakami.

Spostrzeżenie wielkości znaków jako właściwość systemu wzrokowego, która powoduje, że np. małe koło pobudza mniejszą liczbę receptorów, a duże większą, odpowiada stosowanej w kartografii zmiennej graficznej wielkości. Porównanie dwóch znaków o różnych wielkościach to zmniejszanie lub zwiększanie tej liczby. Daje to uzasadnienie dla stosowania tej

zmiennej do przedstawiania wielkości obiektów. Ocena wielkości jest znacznie lepsza, gdy tę zmienną uzupełnia się dodatkową zmienną graficzną, zwłaszcza barwą.

3.3. Barwa

Barwa jako cecha psychofizyczna wynika z oddziaływania różnych zakresów światła na oko. Podstawą współczesnych teorii widzenia barw są obserwacje I. Newtona dotyczące widma świetlnego oraz teoria Younga-Helmholtza o trójskładnikowym odbiorze bodźców świetlnych (P.H. Lindsay, D.A. Norman 1984; S. Jablonka 1992). Wrażenie barwy powstaje dzięki reakcji trzech rodzajów receptorów, wrażliwych na poszczególne zakresy długości fal. A.M. MacEachren (1995) zwrócił uwagę, że zasadniczą rolę odgrywają przeciwstawne relacje między komórkami, które odbierają zestawienia różnych zakresów promieniowania z sąsiadujących ze sobą części pola wzrokowego. W postrzeganiu barwy biorą udział zjawiska adaptacji wzroku i kontrastu, dzięki którym pole barwne, oglądane w otoczeniu innych barw widziane jest inaczej (ryc. 3).

Wrażliwość na barwę jest uwarunkowana wielkością plamy barwnej oraz kontrastem, jaki tworzą sąsiadujące ze sobą plamy barwne. Rozróżnienie jest łatwiejsze, jeśli plama jest wystarczająco duża – kontrast jest wówczas wyraźnie postrzegany. W odbiorze wrażeń barwnych oprócz czynników fizjologicznych dużą rolę odgrywają także aspekty semantyczno-psychologiczne (A. Makowski 1967; J.C. Patton, T.A. Slocum 1985), zwłaszcza analogia między barwą i przedstawianą na mapie cechą obiektów.

Barwa jako cecha obrazu ma charakter złożony i zawiera trzy atrybuty: kolor, zwany także tonem, jasność i nasycenie⁴. *Kolor* zależy od długości fali świetlnej, *jasność* jest związana z jej amplitudą, a *nasycenie* określa względną ilość światła monochromatycznego, zmieszanego ze światłem białym. Kolor farby użytej do druku zależy od stopnia pochłaniania przez nią światła o wszystkich długościach fal z wy-

⁴ Terminy „barwa” i „kolor” są używane przez różnych autorów zamiennie. Autorka używa terminologii zaproponowanej przez prof. A. Makowskiego (1967), a także używanej w podręczniku pod red. J. Pasławskiego (2010).

jątkiem odbitych, które wywołują wrażenie określonego koloru. Niebieska farba pochłania składniki o falach długich, żółta – składniki o falach krótkich. Promienie pochodzące ze środkowej części widma dają wrażenie koloru zielonego.

Funkcje barwy w kartografii zostały dostrzeżone już w czasach, gdy nieznanymi były barwy techniki druku. Zastosowanie barwy umożliwiło przedstawianie różnorodnych informacji oraz przyczyniło się do rozwoju map tematycznych i hipsometrycznych. W kartografii do zmiennych wizualnych zaliczane są dwie jej składowe, kolor i jasność, jako zmienne proste. Zmienna koloru wyraża różnice między znakami i o ile nie jest zróżnicowana pod względem jasności, powinna być stosowana wyłącznie do danych jakościowych, jako zmienna rozróżniająca. Nasycenie, ze względu na obecność światła białego, jest odbierane przez oko ludzkie podobnie jak jasność, dlatego rzadziej jest wyróżniane jako oddzielna zmienna. Do zmiennych graficznych zaliczyli je J. Morrison (1984) oraz A.M. MacEachren i D.R.F. Taylor (1994), którzy określili je jako nasycenie koloru, obok jasności i tonu. Nasycenie – zdaniem M.-J. Kraaka i F. Ormelinga (1998) – można stosować do wydłużenia skali barwnej, natomiast barwę jako całość można według W. Żyszkowskiej (2000) traktować jako zmienną złożoną. Jest ona wykorzystywana jako zmienna samodzielna do wyrażania intensywności zjawisk oraz do spo-

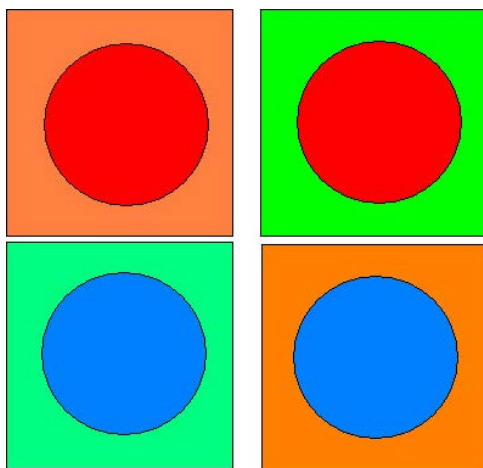
magania innych zmiennych, zwłaszcza wielkości i kształtu.

Zastosowanie zróżnicowania barw ułatwia identyfikację układu przestrzennego, ale nie stwierdzono, aby jakiś konkretny zakres miał na tę zdolność większy wpływ niż inne (J.C. Patton, T.A. Slocum 1985; W.R. Doslak, P.V. Crawford 1977). Jednak A.M. MacEachren (1995) uważa, że wrażliwość oka na kolor niebieski jest niższa, niż na pozostałe podstawowe kolory.

3.4. Orientacja

Wrażliwość wzroku na orientację elementów obrazu jest związana z funkcjonowaniem specjalnych komórek zwojowych oraz komórek w ośrodkach korowych, które reagują, gdy bodziec ma określoną orientację i odpowiednie położenie na siatkówce. Wrażliwość na orientację jest jednak ograniczona – rozróżnianie występuje przy kącie około 20°. J. Bertin (1967) zalecał wykorzystywanie wyłącznie nachyleń pod kątem 45°. W postrzeganiu orientacji bierze również udział kontrast równoczesny, który wywołuje wrażenie zwiększenia różnicy między sąsiednimi orientacjami (P.H. Lindsay, D.A. Norman 1984; C. Bonnet, R. Ghiglione i J.-F. Richard 2000).

W kartografii wykorzystuje się zmienną



Ryc. 3. Wpływ kontrastu równoczesnego na odbiór kolorów. Różnice między plamami barwnymi na tle barw dopełniających są bardziej wyraźne

orientacji do tworzeniu deseni oraz różnicowania sygnatur punktowych (np. skrzyżowanych młotków oznaczających kopalnie czynne i nieczynne). J. Bertin (1967) przypisuje orientacji, analogicznie do formy, właściwości ujednolicania i rozróżniania.

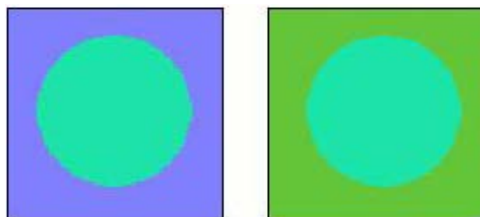
3.5. Kontrast

Różnice jasności lub koloru poszczególnych elementów obrazu tworzą *kontrast równoczesny*, który wywołuje zmianę wrażenia odbieranych cech. Kontrast jest podstawowym warunkiem odróżniania poszczególnych znaków od tła i sąsiednich znaków. Z jednej strony powinien być dostatecznie duży, aby nie można było pomylić znaków, z drugiej jednak zbyt duży kontrast wprowadza zaburzenie równowagi wizualnej. Zachowanie odpowiedniego kontrastu między znakami należy do ważnych problemów kartografii, ponieważ decyduje m.in. o postrzeganej harmonii obrazu.

Różnice jasności w polu widzenia tworzą *kontrast jasności*, który daje informację o występowaniu granicy między dwiema sąsiadującymi ze sobą powierzchniami lub między tłem i znakiem na mapie (J. Zabrodzki 1994). Wielkość zauważalnego kontrastu nie jest stała i zależy od aktualnego stanu adaptacji oka. Kontrast między jasnym i ciemnym obszarem ulega wzmocnieniu w wyniku działania mechanizmu hamowania. Wywołuje on wrażenie, że na granicy między polami o różnej jasności obszar ciemniejszy jest bardziej ciemny, a obszar jaśniejszy bardziej jasny niż w pozostałej części pola⁵ (ryc. 1) (P.H Lindsay, D.A. Norman 1984; M. Ostrowski 1992; J. Zabrodzki 1994).

Również w postrzeganiu barw występuje zjawisko kontrastu równoczesnego. Receptory pobudzone przez pewien kolor hamują wrażliwość sąsiednich receptorów na ten właśnie kolor, zwiększając zarazem ich wrażliwość na kolor dopełniający. Stąd każda barwa indukuje barwę dopełniającą w sąsiadujących z nią częściach pola. Zjawisko to objawia się wrażeniem różnicy barwy dwóch pól o tej samej barwie, z których każde znajduje się w otoczeniu o innej barwie. Barwy wydają się intensywniejsze, jeżeli obiekt umieszczony jest na tle o barwach dopełniających (ryc. 3). Dwa identyczne pola

niebieskozielone, jedno na tle niebieskim, drugie na zielonym, nie są postrzegane jako identyczne (ryc. 4) (S. Jabłonka 1992; C.A. Brewer 1994). Zjawisko równoczesnego kontrastu zmniejsza się lub zanika przy zastosowaniu konturów – czarnego lub białego.



Ryc. 4. Wpływ sąsiedztwa barw na odbiór kolorów. Pole na tle niebieskim (zimnym) jest odbierane jako bardziej zielone (cieplejsze), a na tle zielonym (cieplejszym) jako niebieskie (zimniejsze)

Występowanie *kontrastu barwnego* ma duże znaczenie w odbiorze mapy, ponieważ umożliwia on rozróżnianie graficznych elementów mapy, ale zarazem wpływa na subiektywne odczucia jasności, koloru i nasycenia barw znaków znajdujących się w bezpośrednim sąsiedztwie. W przypadku dużej liczby kolorów zastosowanych na danym arkuszu mapy zjawisko to może powodować trudności w rozpoznawaniu kolorów. Konieczne jest wówczas stosowanie dodatkowych literowych symboli, jak np. na wielko- i średnioskalowych mapach geologicznych. Kontrast jako właściwość pola wzrokowego nie jest zaliczany do zmiennych graficznych, ponieważ nie odnosi się do właściwości poszczególnych obiektów znajdujących się w polu widzenia, lecz do relacji między nimi.

3.6. Częstość przestrzenna

Nieciągłość jasności lub barwy w polu widzenia tworzy naprzemianległe lub mozaikowe, jasne i ciemne lub różnobarwne plamy, wywołując wrażenie mniej lub bardziej wyraźnej granicy. Wielkość tych plam i odległości między nimi C. Bonnet, R. Ghiglione i J.-F. Richard (2000) proponują rozpatrywać w kategoriach *częstości przestrzennej*. Gęsto rozmieszczone małe elementy tworzą wysoką częstość prze-

⁵ Zjawisko to zwane jest pasami Macha.

strzenną, a duże, rzadziej rozmieszczone – niską. Na częstość przestrzenną składają się zatem dwie cechy znaków, tworzących układ przestrzenny – gęstość i wielkość.

Wrażliwość na tę cechę wiąże się z rozdzielczością przestrzenną siatkówki, zależną od gęstości komórek receptorowych. Określa ją tzw. *współczynnik wrażliwości na kontrast*, którego próg zależy od najmniejszego odstępu między elementami, umożliwiającego ich rozróżnianie. Przy wysokich częstościach, a więc małych elementach obrazu, kontrast traci swoje znaczenie, natomiast przy niskich stopień kontrastu musi być dość wysoki, aby pobudzić oko. Obszar zawierający częstości przestrzenne wyższe od progu jest odbierany jako przestrzennie jednolity.

Podobnie jak w przypadku jasności znaków, system wzrokowy nie dysponuje mechanizmem oceny bezwzględnej wartości częstości przestrzennej, która także podlega prawu Fechnera-Webera (P.H. Lindsay, D.A. Norman 1984). Ponadto, podobnie jak barwa, jest ona podatna na kontrast równoczesny, co sprawia, że plama o tej samej częstości na tle dwóch różnych częstości wydaje się mieć inną częstość niż w rzeczywistości (C. Bonnet, R. Ghiglione i J.-F. Richard 2000).

Częstość przestrzenna odgrywa w kartografii dużą rolę, ponieważ na niej opierają się sygnatury powierzchniowe, desenie (np. tzw. szrafy), stosowane przede wszystkim w czarno-białych wersjach map. Składają się na nie dwie cechy: wielkość elementów obrazu i ich gęstość. Pierwsza z tych cech znalazła odbicie w definicji zmiennej wizualnej ziarnistości, którą zaproponował J. Bertin (1967), drugą zaś wykorzystała W. Żyszkowska (2000), proponując wyróżnienie zmiennej gęstości.

3.7. Tekstura

Pewien związek z częstością przestrzenną ma właściwość pola widzenia, którą C. Bonnet, R. Ghiglione i J.-F. Richard (2000) określają jako *teksturę*. Drobne elementy, jednolite pod względem rozmiaru i gęstości, są postrzegane jako wzory, które mogą się zmieniać w sposób mniej lub bardziej ciągły. W przypadku mapy teksturę tworzą różnego rodzaju desenie, o regularnych lub nieregularnych układach, różniące się kształtem, sposobem rozmieszczenia

i gęstością. Tekstura określana jako desień została zaliczona do zmiennych graficznych przez A.H. Robinsona, R.D. Sale i J.L. Morrisona (1988), a W. Żyszkowska (2000) zaliczyła ją do zmiennych złożonych.

3.8. Grupowanie

O organizacji obrazu decyduje zróżnicowanie ogólnych cech obrazu, do których C. Bonnet, R. Ghiglione i J.-F. Richard (2000) zaliczają grupowanie oraz wzajemne położenie. Napływająca do systemu wzrokowego ilość informacji przekracza jego możliwości odbioru i przetwarzania. Aby temu zaradzić system posługuje się środkami zmniejszającymi ilość informacji (C. Bonnet, R. Ghiglione i J.-F. Richard 2000). Należy do nich przede wszystkim *grupowanie informacji* w zbiory, obejmujące jednakowe lub podobne typy cech. Przejawia się ono w dążeniu do ujmowania obrazu jako możliwie najprostszej struktury, która może być zapisana w pamięci krótkotrwałej. Grupy mogą tworzyć zarówno zbiory elementów, jak i zbiory tych grup, zbiory zbiorów grup itd.

Proces grupowania jest nieodłączny od procesu percepcji i odgrywa istotną rolę nie tylko w samym odbiorze obrazu, ale także w organizowaniu materiału pamięciowego. Umożliwia to zapamiętywanie bardziej złożonych struktur poprzez redukcję liczby elementów. Zasady grupowania elementów w percepcji obrazu zostały ustalone w ramach *teorii postaci* (*Gestalt*), której zwolennicy wyróżnili kilka czynników grupowania, m.in. bliskość, podobieństwo, kontynuację i pregnancję, czyli zdolność do uzupełniania kształtów o niepełnych konturach (R. Arnheim 1976; A.M. MacEachren 1995; E. Nęcka i in. 2013).

Grupowanie przez bliskość wynika z faktu, że elementy leżące w stosunku do siebie bliżej niż inne, wywołują wrażenie jednolitości. O tym, czy dany zbiór elementów będzie postrzegany jako grupa, decyduje odległość, przy czym im mniejsze są odstępny między elementami, tym bardziej widoczny jest ten układ. Stąd też grupowanie zależy od odległości, z jakiej oglądany jest obraz. Z bliska dostrzegamy oddzielne elementy, a im dalej, tym większe grupy są postrzegane jako całości (C. Bonnet i in. 2003). Rolę czynnika grupowania spełnia także podobieństwo, które najczęściej opiera się na

kształcie i orientacji elementów, ale może dotyczyć również barwy. Temu rodzajowi grupowania J. Bertin (1967) przypisywał właściwości ujednolicania informacji, które przeciwstawił rozróżnianiu. Z tego względu ten aspekt jest wykorzystywany przy definiowaniu przewodnich elementów znaków.

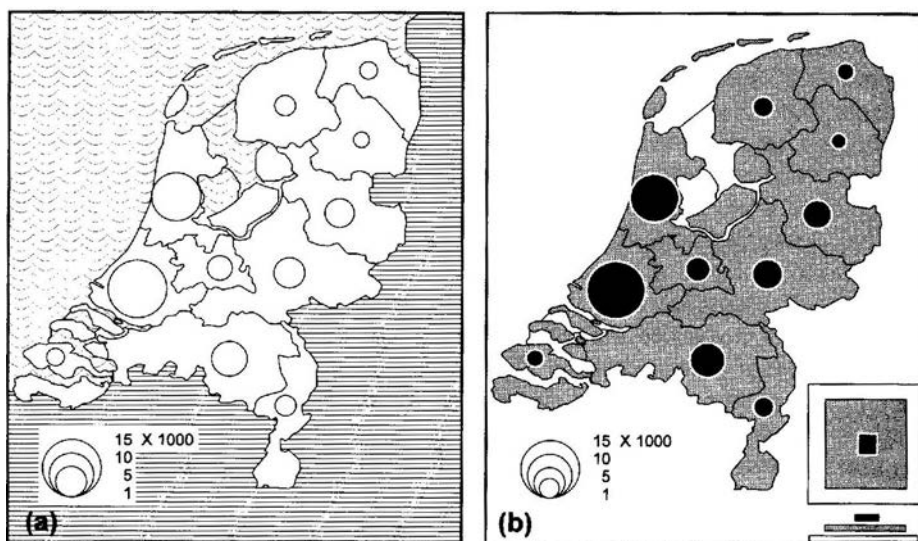
Grupowanie układu przestrzennego stanowi istotę organizacji przestrzeni przedstawianej na mapie. Poczucie pewnego zagubienia, jakiego nam towarzyszy, gdy patrząc na mapę nie jesteśmy w stanie odgadnąć według jakiego systemu została na niej zorganizowana przestrzeń, może wskazywać, że proces grupowania jest nieodłączny od procesu percepcji mapy. Dlatego ważny jest sposób organizowania tej przestrzeni, tworzenia graficznych grup znaków, tworzenia hierarchii tych grup itd. Efektywna komunikacja kartograficzna wymaga, aby struktura mapy była zorganizowana pod każdym względem. Jest to szczególnie ważne z uwagi na zróżnicowanie strategii, jakimi ludzie posługują się w trakcie odbioru mapy. W badaniach nad strategiami grupowania J.R. Eastman (1985) stwierdził, że w odbiorze mapy stosowano różne strategie, oparte na stratyfikacji poziomej, bliskości przestrzennej, powiązaniach regionalnych lub liniowych oraz zgodności kategorii. Wybór strategii zależy od

stopnia podobieństwa znaków na mapie, a więc w głównej mierze od grafiki mapy.

3.9. Figura i tło

Powierzchnia o jednolitych właściwościach, z której wyodrębnia się inna powierzchnia lub układ linii, ma charakter *tła*, a wyróżniająca się na tym tle forma tworzy pewną *figurę*. Granice tła nie są wyraźnie określone, natomiast figura posiada kontur, będący najczęściej linią ciągłą, oddzielającą powierzchnię od tła. Pojęcia figury i tła zostały zdefiniowane w ramach koncepcji gestylistyki, zgodnie z którą wyodrębnianie figury z tła należy do najważniejszych właściwości systemu wzrokowego. C. Bonnet, R. Ghiglione i J.-F. Richard (2000) zwracają uwagę, że wyróżnianie elementu obrazu z tła nie ogranicza się do poziomu neurosensorycznego i ma ścisły związek z pamięcią, ponieważ za figurę uważany jest element, któremu można przypisać jakieś znaczenie.

Wydobywanie formy z tła ma w kartografii znaczenie zwłaszcza w przypadku map czarno-białych, aby przez zastosowanie odpowiedniej hierarchii wizualnej umieszczone na mapie znaki wystarczająco odróżniały się od siebie (ryc. 5) (M.-J. Kraak, F. Ormeling 1998).



Ryc. 5. Zastosowanie znaków wyróżniających się z tła wpływa na właściwą hierarchię wizualną mapy (źródło: M.-J. Kraak, F. Ormeling 1998)

3.10. Kształt i kontur

Każda figura ma pewien *kształt*, który wynika z różnicy cech między figurą a jej otoczeniem. Kształt może być uwypuklony *konturem*. Forma znaków kartograficznych jest wyrażana za pomocą zmiennej graficznej kształtu, która przekazuje informację na poziomie nominalnym. J. Bertin (1967) nadaje tej zmiennej właściwości rozróżniania, a zarazem ujednociania informacji, ponieważ podobieństwo pod jednym względem uwypukla różnicę pod innym (R. Arnheim 1976). Zasadę tę wykorzystał L. Ratajski (1973), formułując pojęcie przewodniego elementu znaku.

Spostrzeżenie formy dokonuje się automatycznie, w pierwszym rzucie oka na obraz. Natomiast jej identyfikacja wymaga rozróżniania i rozpoznawania kształtu znaków, a to zależy od dwóch cech formy: wielkości oraz stopnia skomplikowania znaku. Znaki większe i proste są łatwiej rozróżniane, natomiast sygnatury o bardziej skomplikowanych kształtach powinny być większe. Możliwość rozpoznawania kształtu jest uwarunkowana posiadaną uprzednio wiedzą (np. o kształtach figur i ich nazwach). P. Grohmann (1975) wykazał, że na zdolność do odtwarzania treści znaków najsilniej wpływają semantyczne związki zawarte w symbolach mapy, przy czym dotyczy to zarówno symboli geometrycznych jak i obrazkowych. Sygnatury geometryczne, które wykazywały jakikolwiek związek semantyczny z przedstawianą treścią (np. odwrócone półkole jako przemysł okrętowy), były rozpoznawane lepiej niż te, które nie wykazywały takiego związku. Istotną cechą znaku jest waga optyczna, wynikająca zarówno z wielkości, jak i stopnia wypełnienia konturu, ponieważ wpływa ona na siłę kontrastu, jaką wywołuje dany znak. Według E. Vanecka (1980), pewną rolę odgrywa kształt i kolor, a także skupienie sygnatur oraz kolejność znaków w legendzie mapy.

3.11. Wzajemne położenie obiektów

Ocena wzajemnego położenia obiektów wymaga oceny kąta i odległości między obiektami na mapie, a to wiąże się z koniecznością sięgania do pamięci długotrwałej i zasobu wiedzy. W ocenie relacji między elementami ważną rolę odgrywa również grupowanie. J.R. East-

man (1985) oraz D.J. Bartram (1978) wykazali, że relacje między elementami należącymi do dwóch różnych grup są zapamiętywane pośrednio, poprzez zapamiętywanie relacji między grupami. Poszczególne elementy treści mogą być odbierane kompleksowo, z punktu widzenia położenia i cechy, które mieszczą się na skali wartości – odległości, wielkości, barwy, jasności, gęstości itp. Następuje automatyczne redukowanie tych cech do najprostszyc układów. Redukcja cech opiera się na dwóch przeciwstawnych, ale uzupełniających się działaniach. Z jednej strony dokonuje się eliminowanie różnic między znakami, a z drugiej – różnicowanie tego, co się ujednoczeniu nie poddaje. Podstawę organizacji obrazu w grupy jest więc zarówno podobieństwo, jak i różnica. Mogą one brać pod uwagę dowolny aspekt obrazu, przy czym istnienie podobieństwa pod jednym względem uwypukla różnicę pod innym względem (R. Arnheim, 1976). Zasada ta jest stosowana w kartografii w definiowaniu przewodnich elementów znaków (L. Ratajski 1989).

4. Wnioski

Percepcja mapy opiera się na procesie percepcji wzrokowej, dlatego wiedza o właściwościach percepcji w odbiorze mapy umożliwiła kartografom zgodne z właściwościami systemu wzrokowego definiowanie znaków kartograficznych. Na charakter obrazu odbieranego przez użytkownika mapy wpływają w istotnym stopniu właściwości systemu wzrokowego, które funkcjonują niezależnie od świadomości patrzącego. Należą do nich: rozdzielczość wzroku, adaptacja wzroku, hamowanie i sumowanie reakcji, reakcja na cechy obrazu oraz zjawiska kontrastu, grupowania i konfiguracji. Przedstawione w artykule związki między cechami obrazu a właściwościami systemu wzrokowego wskazują, że stosowanie odpowiednich zmiennych graficznych w celu wyrażania różnych cech zjawisk jest w pełni uzasadnione.

Zasady konstrukcji znaków kartograficznych, wypracowane w trakcie długiego rozwoju kartografii i w większości oparte na intuicji twórców map, znajdują uzasadnienie we właściwościach i mechanizmach percepcji wzrokowej. Omówione w niniejszym artykule właściwości systemu wzrokowego oraz podstawowe za-

sady jego działania umacniają nas w przekonaniu, że poznanie właściwości systemu wzrokowego dostarcza podstaw do formu-

wania kolejnych zasad redagowania map i że kartografowie w sposób w pełni uzasadniony powinni domagać się ich przestrzegania.

Literatura

- Arnheim R., 1976, *The perception of maps*. „The American Cartographer” Vol. 3, no. 3, s. 5–10.
- Bartram D.J., 1978, *Post-iconic visual storage: chunking in the reproduction of briefly displayed visual pattern*. „Cognitive Psychology” Vol. 10, no. 3, s. 324–355.
- Bertin J., 1967, *Semiologie graphique. Les diagrammes, les reseaux, les cartes*. Paris: Mouton/Gauthier-Villars, 431 s.
- Bonnet C., Ghiglione R., Richard J.-F., 2000, *Traité de psychologie cognitive. T. I. Perception, action, langage*. Paris: Dunod, Bordas, 266 s.
- Brewer C.A., 1994, *Color use guidelines for mapping and visualization*. W: A.M. MacEachren, D.R.F. Taylor, 1994, *Visualization in modern cartography*. London: Pergamon.
- Cox C.W., 1973, *Adaptation – level theory as an aid to the understanding of map perception*. In: *Proceedings of the American Congress on Surveying and Mapping, Washington, 33 Ann. Meeting*, s. 334–359.
- Cox C.W., 1976, *Anchor effects and the estimation of graduated circles and squares*. „The American Cartographer” Vol. 3, s. 65–74.
- Crawford P. V., 1973, *Perception of graduated squares as cartographic symbols*. „The Cartogr. Journal” Vol.10, no. 2, s. 85–88.
- Dickinson G.C., 1967, *Statistical mapping and the presentation of statistics*. London: Arnold.
- Doslak W.R., Crawford P.V., 1977, *Color influence on the perception of spatial structure*. „Cartographica” Vol. 14, no. 2, s. 120–129.
- Eastman J.R., 1985, *Graphic organization and memory structures for map learning*. „Cartographica” Vol. 22, no. 21, s. 1–20.
- Flannery J.J., 1971, *The relative effectiveness of some common graduated point symbols in the presentation of quantitative point data*. „Canadian Cartographer” Vol. 8, s. 96–109.
- Griffin T.L.C., 1985, *Group and individual variations in judgment and their relevance to the scaling of graduated circles*. „Cartographica” Vol. 22, no. 1, s. 21–37.
- Grohmann P., 1975, *Alters und Geschlechtsspezifische Unterschiede in Einprägen und wiedererkennen Kartographischer Figurensignaturen*. W: *Forschungen zur theoretischen Kartographie* Bd. 2, Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften.
- Jablonka S., 1992, *Barwa i metody wyrażania bodźców barwowych*. W: Ostrowski M. (red.), *Informacja obrazowa*. Warszawa: WNT.
- Kimerling A.J., 1975, *A cartographic study of equal value gray scales for use with screened gray areas*. „The American Cartographer” Vol. 2, no. 2, s. 119–127.
- Kraak M.-J., Ormeling F., 1998, *Kartografia, wizualizacja danych przestrzennych*, Warszawa: Wydawn. Naukowe PWN.
- Lindsay P.H., Norman D.A., 1984, *Procesy przetwarzania informacji u człowieka*. Warszawa: PWN.
- MacEachren A.M., 1995, *How maps work, representation, visualization and design*. New York: Guilford.
- MacEachren A.M., Taylor D.R.F., 1994, *Visualization in modern cartography*. London: Pergamon.
- Makowski A., 1967, *Aesthetic and utilitarian aspects of colour in cartography*. „Intern. Yearb. of Cartogr.” Vol. 7, s. 62–87.
- Morrison J., 1984, *Applied cartographic communication: map symbolization for atlases*. „Cartographica” Monograph, Vol. 21, no. 1, s. 44–84.
- Nęcka E., Orzechowski J., Szymura B., 2013, *Psychologia poznawcza*. Warszawa: Wydawn. Naukowe PWN.
- Olsson W., 1963, *The Commission on a World population map: history, activities and recommendations*. „Geografiska Annaler” Vol. 45, no. 4, s. 243–250.
- Ostrowski M., 1992, *Informacja obrazowa*. Warszawa: WNT.
- Ostrowski W., 2008, *Semiotyczne podstawy projektowania map topograficznych, na przykładzie prezentacji zabudowy*. Warszawa: Wydawn. Uniw. Warszawskiego.
- Patton J.C., Slocum T.A., 1985, *Spatial pattern recall. An analysis of the aesthetic use of colour*. „Cartographica” Vol. 22, no. 3, s. 70–87.
- Pasławski J. (red.), 2010, *Wprowadzenie do kartografii i topografii*. Wrocław: Nowa Era.
- Peterson M.P., 1979, *An evaluation of unclassified crossed-line choropleth mapping*. „The American Cartographer” Vol. 6, no. 1, s. 21–37.
- Ratajski L., 1989, *Metodyka kartografii społeczno-gospodarczej*. Warszawa: PPWK.
- Robinson A.H., Sale R.D., Morrison J.L., 1988, *Podstawy kartografii*. Warszawa: PWN.
- Vanecek E., 1980, *Experimentelle Beiträge zur Wahrnehmbarkeit kartographischer Signaturen*. W: *Forschungen zur theoretischen Kartographie* Bd. 6, Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften Wien.

Williams R.L., 1958, *Map symbols: equal-appearing intervals for printed screens*. „Annals of the Association of American Geographers” no. 2, s. 132–139.

Zabrodzki J. (red.), 1994, *Grafika komputerowa, metody i narzędzia*. Warszawa: WNT.

Żyszkowska W., 2000, *Semiotyczne aspekty wizualizacji kartograficznej*. „Acta Universitatis Wratislaviensis” No. 2255, „Studia Geograficzne” 73, Wrocław, 132 s.

Visual features of cartographic representation in map perception

Summary

The author describes the properties and mechanisms of visual perception in the context of their significance to the principles of symbol design as used in cartography. Map perception relies on the process of visual perception. Therefore, the knowledge of its inner workings in the map environment allows cartographers to construct cartographic symbols in agreement with the properties of the visual system.

Visual perception involves neurosensory processes taking place between the eye and the short-term memory. As such, they operate independently of the beholder's consciousness and significantly influence the information received by the map user. The author discusses the mechanisms of human vision and the nature of the process of visual perception. It also shows the relationships between the image characteristic and the visual system's properties such as

the optical resolution, visual adaptation, reactions of inhibition and reinforcement, reactions to the image characteristics – as well as the phenomena of contrast, grouping and spatial arrangement.

The principles of constructing map symbols that have been developed in the long course of cartography, and based mostly on the map makers' intuition, find validation in the light of properties and mechanisms of visual perception. As discussed in the paper, the fundamental properties and basic mechanisms of human vision support the view that knowledge of how the visual system works provides foundation for articulating new mapping guidelines and cartographers' calls for stricter observance of cartographic principles are fully justified.

Keywords: perception, visual system, graphic variables, visual primitives

Niniejszy tekst jest tłumaczeniem artykułu: W. Żyszkowska, *Visual features of cartographic representation in map perception*. „Polish Cartographical Review” Vol. 48, 2016, no. 1, pp. 5–15, DOI: 10.1515/pcr-2016-0003. W przypadku cytowania należy podawać wersję pierwotną.