

Błażej Skrzypulec

Pojęcie przedmiotu w koncepcjach scalania wzrokowego

Filozofia Nauki 21/1, 37-60

2013

Artykuł został opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej bazhum.muzhp.pl, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

Błażej Skrzypulec

Pojęcie przedmiotu w koncepcjach scalania wzrokowego¹

W artykule analizuję sposób, w jaki psychologiczne i neuronaukowe teorie percepcji wzrokowej posługują się pojęciem przedmiotu. Skupię się na dwóch koncepcjach, które wychodząc z odmiennych perspektyw badawczych, starają się rozwiązać tzw. problem scalania (*binding problem*) w percepcji.² W analizie wykorzystuję pojęcia używane na gruncie analitycznej metafizyki, wskazując, że teoretyczna odmiennność rozważanych koncepcji przekłada się na różnice w zakładanej przez nie charakterystyce przedmiotu.

W metodologicznej części tekstu staram się odpowiedzieć na pytanie, jak za pomocą kategorii zaczerpniętych ze współczesnej metafizyki można zanalizować używane w teoriach problemu scalania pojęcie przedmiotu. W części drugiej prezentuję wyniki analizy w odniesieniu do psychologicznej teorii FIT (*Feature Integration Theory*, np. Treisman 1999) oraz modelu neuronalnej synchronizacji Schillena i Königa (1994, dalej model SK).

¹ Autor chciałby podziękować dr. hab. Józefowi Bremerowi, dr. Adamowi Chuderskiemu, uczestnikom 14th Congress of Logic, Methodology and Philosophy of Science (Nancy), uczestnikom 5. Poznańskich Kolokwium Kognitywistycznych oraz anonimowemu recenzentowi za uwagi dotyczące wcześniejszych wersji pracy. Artykuł powstał w ramach tutorialu organizowanego przez stowarzyszenie naukowe Collegium Invisible.

² Angielskie słowo *binding* oddaję jako „scalanie”, a nie np. „wiązanie”, by uniknąć automatycznego skojarzenia z pewnymi koncepcjami metafizycznymi, takimi jak wiążkowe teorie przedmiotu.

1. METODOLOGIA PRACY

1.1. Czym jest problem scalania?

Najogólniej rzecz ujmując, problem scalania dotyczy sposobu, w jaki umysł integruje odrębne procesy. W odniesieniu do percepcji wzrokowej związany jest on m.in. z pytaniem, jak obiekt jest łączony ze swoim miejscem w polu widzenia, jak integrowane są następujące po sobie postrzeżenia tego samego obiektu, w jaki sposób wykrywane jakości wizualne łączone są w reprezentację obiektu (Treisman 1996). Istotna dla mnie będzie zwłaszcza ta ostatnia odmiana problemu scalania. Wśród badaczy panuje zgoda co do tego, że odmienne własności wizualne reprezentowane są w różnych obszarach mózgu (np. Engel et al. 1997, Malsburg 1995, Treisman 1998). Pojawia się wobec tego potrzeba wyjaśnienia, jak ta rozproszona informacja o własnościach wizualnych postrzeganych przedmiotów jest integrowana, dając na wyjściu reprezentację, w których obiekty mają właściwe kombinacje cech. Umiejscawiając problem scalania w strukturze procesu percepcyjnego, najprawdopodobniej należy przyjąć, że procesy związane ze scalaniem jakości mają miejsce po detekcji przedmiotu — gdy aparat percepcyjny rozpoznaje, że w polu widzenia jest przedmiot (np. Bowers, Jones 2007) — ale przed etapem kategoryzacji, gdy zostaje rozpoznane, pod jaką ogólniejszą kategorię podpada postrzegany obiekt (np. Hummel, Biederman 1992).

1.2. Jakimi teoriami naukowymi będę się zajmował?

Jako pierwszą rozważę *Features Integration Theory* (Treisman, Gelade 1980). Jest to psychologiczna teoria wyjaśniająca dane behawioralne uzyskane w toku eksperymentów związanych m.in. ze wzrokowym przeszukiwaniem pola widzenia (np. Treisman 1982). FIT opiera się na „odgórnej” (*top-down*) metodologii związanej z nurtem obliczeniowym w badaniach umysłu (np. Marr 1982, Thagard 2005). W celu wyjaśnienia rozważanych zjawisk postuluje się odpowiednie abstrakcyjne elementy, w wypadku FIT są to m.in. mapa lokacji i mapy cech oraz zachodzące między nimi relacje i przekształcenia, które w rezultacie prowadzą do utworzenia reprezentacji przedmiotu. Teoria zakłada istnienie neuronalnej implementacji postulowanych obiektów teoretycznych, jednakże wyjaśnienie zjawisk dokonuje się w terminach odnoszących się do tych obiektów, a nie zmian w zachodzeniu aktywności neuronalnej. Teoria FIT jest jedną z najbardziej wpływowych psychologicznych koncepcji problemu scalania w percepcji wzrokowej i stałym punktem odniesienia w dyskusjach nad tą kwestią.

Druga z omawianych przeze mnie koncepcji to model neuronalnej synchronizacji Schillena i Königa (1994). Jest to jeden z wielu neuronalnych modeli inspirowanych ogólną ideą, iż scalanie dokonuje się dzięki synchronizacji neuronalnej aktywności grup neuronów odpowiedzialnych za kodowanie poszczególnych cech wizualnych jednego obiektu (np. Grey 1999, Niebur, Koch, Rosin 1993). Tego rodzaju modele

opierają się na innych podstawach metodologicznych niż psychologiczna teoria FIT. Są one mocniej związane z nurtem koneksjonistycznym w kognitywistyce (np. Churchland 1986, Egan, Matthews 2006, Horgan, Tienson 1994). Obiekty teoretyczne postulowane w celu wyjaśnienia zjawisk nie są odległe od poziomu implementacji, lecz bazują bezpośrednio na cechach konkretnych elementów układu nerwowego (w tym wypadku głównie na własnościach pojedynczych neuronów i połączeń między nimi). Wyjaśniane są głównie nie dane behawioralne, lecz zjawiska dotyczące aktywności struktur neuronalnych. Samo wyjaśnienie jest również sformułowane w terminach opisujących wzorzec zmian aktywności, który prowadzi do powstania reprezentacji przedmiotu (także zinterpretowanej w terminach bliskich poziomowi implementacji). Model Schillena i Königa (1994) został wybrany, ponieważ w prosty sposób jest w stanie odpowiedzieć na wątpliwości, które stają przed wieloma innymi modelami neuronalnej synchronizacji (zob. np. Grey 1999, von der Malsburg 1995). W szczególności wyjaśnia on, dlaczego synchronizują się akurat te grupy neuronów, które reprezentują jakości tego samego obiektu.

1.3. Jak rozumiem pojęcie przedmiotu?

Teorie naukowe wyjaśniające zjawiska związane z percepcją wzrokową posługują się pojęciem przedmiotu bądź reprezentacji przedmiotu. Nacisk na „reprezentację” wskazuje, że nie chodzi o przedmiot fizyczny, jakim jest on „sam w sobie”, lecz o model przedmiotu fizycznego, który tworzy umysł na podstawie informacji docierającej z aparatu percepcyjnego. Zazwyczaj w koncepcjach percepcji wzrokowej przedmiot fizyczny jest *explicite* zakładany jako źródło bodźców, które są przetwarzane przez aparat poznawczy. Jednakże tym, co jest wyjaśniane w teoriach scalania wzrokowego, zarówno psychologicznych, jak i neuronalnych jest sposób konstruowania reprezentacji przedmiotu. W większości przypadków będę abstrahował od przedmiotu fizycznego, skupię się natomiast na analizie pojęcia reprezentacji przedmiotu, starając się ustalić, jakie istotne ogólne cechy posiada model przedmiotu tworzony w toku działania mechanizmów percepcji wzrokowej. Warto w tym momencie wprowadzić pewną konwencję terminologiczną. Pisząc „przedmiot percepcji” (PP), będę miał na myśli reprezentację przedmiotu, w innych wypadkach posłużę się określeniem „przedmiot fizyczny” lub „obiekt”. Podobnie mówiąc o „jakościach percepcyjnych” (JP), będę odnosił się do reprezentacji własności wizualnych zewnętrznego przedmiotu, a używając terminu „lokacja percepcyjna” (LP), będę nazywał reprezentację położenia przedmiotu.

1.4. Jakich koncepcji metafizycznych będę używał?

Na gruncie współczesnej analitycznej metafizyki powstały konkurencyjne wobec siebie koncepcje tego, czym jest jednostkowy przedmiot. W literaturze filozoficznej

szczególnie intensywne dyskusje toczyły się między zwolennikami teorii substratowej (np. Allaire 1963, Martin 1980), teorii wiązkowej (np. Cleve 1985, Maurin 2002) oraz substancjalnej teorii przedmiotu (np. Loux 1978, Lowe 2006). Tego rodzaju koncepcje interpretuję jako pewne propozycje analizy pojęcia przedmiotu. Większość substratowych teorii stara się zanalizować pojęcie przedmiotu za pomocą trzech bardziej podstawowych pojęć własności, niejakościowego elementu indywidualizującego oraz relacji łączącej element indywidualizujący z własnościami. W wypadku struktury konceptualnej teorii FIT oraz rozważanego modelu neuronalnej synchronizacji przydatne okaże się popularne w metafizycznych teoriach jednostkowego przedmiotu rozróżnienie na indywidua i uniwersalia.

1.5. Jak za pomocą kategorii metafizycznych można analizować pojęcia teorii naukowych?

Odwołując się do terminologii Fodora (1975), można powiedzieć, że w pracy chcę przedstawić odmianę opowieści konceptualnej (*conceptual story*), a nie opowieść kauzalną (*causal story*). Sformułowanie opowieści kauzalnej jest celem teorii naukowych, które czy to odwołując się do zmian aktywności neuronów, czy też do przekształceń bardziej abstrakcyjnych elementów, wskazują, jaki mechanizm prowadzi do powstania reprezentacji przedmiotu. W odróżnieniu od niej opowieść konceptualna związana jest z charakterystyką pojęcia przedmiotu, zgodną z tym, co o przedmiocie mówią *explicite* bądź *implicite* rozważane teorie naukowe. W opowieści konceptualnej nie chodzi o ustalenie łańcucha zdarzeń, lecz dąży się po pierwsze do sformułowania warunków, które musi spełnić analiza pojęcia, a po drugie do zaprezentowania wyników takiej analizy.

Przedstawienie opowieści konceptualnej wymaga założenia, że teorie naukowe mówią o przedmiocie coś, co może być niezgodne z pewnymi charakterystykami pojęcia przedmiotu, które można skonstruować, używając elementów zaczerpniętych z metafizyki. Proste przykłady może dostarczyć inspirowana wynikami eksperymentów dotyczących wzrokowego śledzenia prostych poruszających się i zmieniających swoje własności obiektów teoria FINST (Pylyshyn 2007). Zgodnie z nią zmiany własności nie są istotne dla przypisywania tożsamości obiektowi — przedmiot po zajściu zmiany jest identyfikowany z przedmiotem sprzed zmiany (trzeba pamiętać, że chodzi tu o reprezentację przedmiotu, a nie przedmiot fizyczny). Z takim warunkiem nie są zgodne te metafizyczne koncepcje przedmiotu, wedle których pewne własności są esencjalne, tzn. ich zmiana powoduje powstanie zupełnie nowego indywiduum. Pojęcie przedmiotu, którego charakterystyka zakłada istnienie własności esencjalnych nie będzie spójne z siatką pojęciową teorii takiej jak FINST. Okazuje się więc, że teoria naukowa może nakładać pewne konceptualne ograniczenia na możliwe do skonstruowania pojęcia przedmiotu. Tylko po spełnieniu odpowiednich warunków pojęcie przedmiotu będzie spójne z sędami danej teorii naukowej.

Badając teorię FIT oraz model SK, będę starał się ustalić, jakie warunki musi spełnić tworzone za pomocą kategorii metafizycznych pojęcie przedmiotu percepcji, aby spójnie wpisywało się w ich strukturę konceptualną. Następnie sformułuję spełniające te warunki pojęcie przedmiotu percepcji, zarówno dla FIT, jak i modelu SK.

1.6. Jakich poznawczych korzyści mogą nam dostarczyć takie rozważania?

Jak sądzę, badanie za pomocą kategorii metafizycznych pojęcia przedmiotu używanego w teoriach naukowych może dostarczyć nam wyników dwojakiego rodzaju.

a) Rezultaty filozoficzne

Otrzymane wyniki mogą służyć testowaniu, ewaluacji i modyfikacji znanych metafizycznych teorii jednostkowego przedmiotu, a także tworzeniu nowych zgodnych z obecnym stanem nauki charakterystyk pojęcia przedmiotu. Fakt, że pewna koncepcja metafizyczna oferuje pojęcie przedmiotu spójne ze strukturą konceptualną dominujących teorii naukowych percepcji przedmiotu, może służyć za argument na rzecz tezy, że koncepcja ta nadaje się do opisu tworzonej przez umysł reprezentacji przedmiotu. Prowadzenie tego typu rozważań może przybliżyć nas do odpowiedzi na pytanie, jaka metafizyka jednostkowego przedmiotu jest zaimplementowana w percepcyjnych mechanizmach poznawczych umysłu lub, mówiąc inaczej, jaką strukturę ontologiczną należy przypisać tworzonej przez ludzki umysł reprezentacji przedmiotu.

Ze względu na przyjętą metodologię istotne dla interpretacji wyników okazuje się stanowisko w sporze między naukowym realizmem a instrumentalizmem. Realista będzie skłonny twierdzić, że struktura tworzonej przez umysł reprezentacji przedmiotu może rzeczywiście być taka, jaką pod pojęciem przedmiotu percepcji postulują najlepsze teorie naukowe. Instrumentalista zgodzi się natomiast jedynie na słabszą tezę, zgodnie z którą analizując strukturę pojęciową teorii o największej mocy eksplanacyjnej, dowiemy się, jakie pojęcie przedmiotu percepcji najlepiej nadaje się do opisu reprezentacji przedmiotu tworzonej przez umysł, bez przesądzania, czy rzeczywista reprezentacja jest zgodna z opisem proponowanym przez to pojęcie.

b) Rezultaty naukowe

Koncepcje naukowe, takie jak np. psychologiczne i neuronalne teorie percepcji wzrokowej, tworzone są na odmiennych metodologicznych i teoretycznych podstawach. Przedmiot charakteryzowany jest w nich za pomocą różnych terminów właściwych siatce pojęciowej każdej z teorii. Używając pojęć zaczerpniętych z analitycznej metafizyki, możemy badać pojęcie przedmiotu używane przez odmiennie teorie za pomocą tych samych ogólnych kategorii. Pozwala to na wskazanie konceptualnych różnic i podobieństw między odległymi teoretycznie koncepcjami naukowymi. Może to pomóc dostrzec zachodzenie międzyteoretycznych relacji, w szczególności dotyczących redukcji oraz unifikacji.

Oczywiście, aby uzyskać takie różnorodne rezultaty filozoficzne i naukowe, konieczna byłaby realizacja szerokiego programu badawczego. Na znacznie skromniejsze wyniki zaprezentowane w tym artykule składają się trzy elementy:

1) Analiza struktury pojęciowej koncepcji wzrokowego scalania — psychologicznej teorii FIT oraz neuronalnego modelu SK — pod kątem zakładanej przez nie charakterystyki pojęcia przedmiotu percepcji. Jej rezultaty pokazują, że po pierwsze teorie psychologiczne i modele neuronalne posługują się odmiennymi pojęciami przedmiotu percepcji, nawet gdy zajmują się wyjaśnianiem tego samego zjawiska, oraz po drugie, że omawiane koncepcje (zwłaszcza model SK) wymagają dodatkowego doprecyzowania, aby można było ustalić, jakie pojęcie przedmiotu percepcji jest z nimi zgodne.

2) Sformułowanie warunków, które musi spełniać pojęcie przedmiotu percepcji, aby było zgodne z rozważanymi koncepcjami, oraz skonstruowanie zgodnie z nimi charakterystyki pojęcia przedmiotu percepcji. Stanowi to drobny krok w kierunku ustalenia, jaka metafizyka przedmiotu jest zakładana we współczesnych psychologicznych i neuronaukowych teoriach, lub nawet — w wypadku realistycznej interpretacji koncepcji naukowych — w kierunku ustalenia metafizyki przedmiotu percepcji zaimplementowanej w poznawczych mechanizmach umysłu.

3) Ocena zgodności współczesnych metafizycznych koncepcji jednostkowego przedmiotu z warunkami wyznaczanymi przez omawiane teorie naukowe. Okazuje się, że mimo pewnych podobieństw, zwłaszcza do substratowych koncepcji przedmiotu, charakterystyki pojęcia przedmiotu percepcji zgodne FIT i SK są różne od charakterystyk pojęcia przedmiotu oferowanych przez najpopularniejsze koncepcje metafizyczne.

2. TEORIA FIT I MODELE NEURONALNEJ SYNCHRONIZACJI

Zanim opiszę teorię FIT oraz model SK warto zauważyć, że moim celem nie jest ewaluacja trafności tych koncepcji. Chociaż omawiając ich główne tezy, wspomnę zarówno o potwierdzających je danych, jak i tych, które wydają się im przeczyć, to nie zamierzam oceniać, która z omawianych teorii lepiej rozwiązuje problem scalania w percepcji. Moim celem jest jedynie analiza ich struktury konceptualnej w celu odpowiedzi na pytanie to, jakie zgodnie z nimi są istotne cechy reprezentacji przedmiotu. Nie będę natomiast dociekał, czy reprezentacja przedmiotu rzeczywiście jest taka, jak opisują to ich siatki pojęciowe.

2.1. Teoria FIT

W literaturze poświęconej teorii FIT kładzie się nacisk na dwa rodzaje wyjaśnianych przez nią zjawisk (np. Tresiman 1996): iluzoryczne połączenia oraz asymetrie we wzrokowym szukaniu. Iluzoryczne połączenia powstają podczas krótkotrwałej

prezentacji obrazu zawierającego liczne obiekty różniące się swoimi własnościami wizualnymi. W takiej sytuacji tworzone są często błędne połączenia jakości, np. gdy na obrazie zaprezentowany był niebieski trójkąt i czerwony kwadrat, badana osoba może twierdzić, że widziała faktycznie nieobecny czerwony trójkąt. Pomyłki nie dotyczą samych własności wizualnych, które są postrzegane prawidłowo, a jedynie są związane z ich błędnym łączeniem.

Asymetrie we wzrokowym szukaniu ujawniają się między sytuacjami, w których szukany jest obiekt o wyraźnej unikalnej własności wizualnej — tzn. takiej, której nie posiada żaden inny obiekt obserwowany równocześnie z nim, przykładem może być obiekt zielony pośród czerwonych — a takimi, w których aby znaleźć dany obiekt, trzeba rozpoznać koniunkcję jakości wizualnych, np. gdy szukany jest czerwony kwadrat pośród czerwonych trójkątów i niebieskich kwadratów. Szukanie obiektu o unikalnej własności wizualnej jest bardzo szybkie i odbywa się równolegle w całym polu widzenia, a na czas jego trwania nie wpływa liczba prezentowanych obiektów. W innych sytuacjach przeszukiwanie pola widzenia jest wolniejsze i odbywa się szeregowo, uwaga skupia się kolejno na prezentowanych obiektach aż do znalezienia tego, który posiada szukaną koniunkcję własności.

Zgodnie z FIT (np. Quinlan 2003, Treisman 1998, 1999) położenie postrzeganego przedmiotu fizycznego oraz jego własności wizualne są początkowo reprezentowane osobno, na tzw. mapach cech (*feature maps*) i mapie lokacji (*master-map of locations*). Taka sytuacja prowadzi do powstania iluzorycznych połączeń, gdy czas prezentacji jest zbyt krótki, by zadziałały mechanizmy związane z uwagą. Uwaga, skupiając się na pewnym miejscu reprezentowanym na mapie lokacji, integruje tę lokację percepcyjną z powiązаныmi z nią jakościami percepcyjnymi (najprawdopodobniej przez hamowanie aktywności LP, które pomija, por. np. Treisman, Sato 1990). Ten mechanizm prowadzący do powstania reprezentacji przedmiotu jest używany we wzrokowym szukaniu, gdy poszukiwany obiekt nie ma unikalnej własności wizualnej. W sytuacji, w której w polu widzenia obecny jest przedmiot fizyczny posiadający unikalną własność, jej reprezentacja aktywuje związaną z nią lokację percepcyjną, prowadząc do utworzenia reprezentacji przedmiotu bez groźby wystąpienia iluzorycznych połączeń. Jest to przeduwagowy mechanizm pozwalający na szybkie i równoległe przeszukiwanie pola widzenia.

Kłopotem dla FIT okazały się liczne dane wskazujące na to, że pewne połączenia własności wizualnych mogą być wyszukiwane znacznie szybciej, niż wskazywałyby to przewidywania odnośnie do szeregowego, uwagowego przeszukiwania pola widzenia (np. Quinlan 2003). Związana była z tym niejasność, co wedle teorii FIT należy uznać za prostą jakość percepcyjną, a co jest już koniunkcją kilku JP (Treisman 1998, Treisman, Gormican 1988). Negowano także zasadność samego podziału na mechanizmy przeduwagowe i uwagowe (Wolfe 2003). W odpowiedzi na te zarzuty starano się zmodyfikować strukturę conceptualną teorii, wprowadzając nowe elementy pozwalające wyjaśnić problematyczne dane. Postulowano na przykład (Treisman, Sato 1990), że uwaga oprócz wybierania jednej lokacji percepcyjnej i pomijania in-

nych może także pomijać niektóre jakości percepcyjne. Te dwa połączone działania miałyby tłumaczyć szybsze wyszukiwanie niektórych koniunkcji własności wizualnych. Obecnie raczej nie uważa się, aby teoria FIT oferowała optymalne wyjaśnienie zjawisk związanych z problemem scalania w percepcji, ma ona wciąż jednak swoich zwolenników wskazujących na jej zdolności wyjaśnienia wielu wyników uzyskiwanych na drodze eksperymentalnej (np. Chan, Hayward 2009).

2.2. Modele neuronalnej synchronizacji

Wspólną ideą stojącą za różnorodnymi modelami neuronalnej synchronizacji jest przekonanie, że reprezentacja przedmiotu powstaje, gdy grupy neuronów kodujące poszczególne własności wizualne upodabniają wzorzec swojej aktywności (np. Malsburg 1986, 1995). Najczęściej przyjmuje się, że synchronizacja polega na uzyskaniu wspólnej temporalnej struktury czy też rytmu aktywności neuronalnej, co wiąże się z podobieństwem w układzie wysyłanych impulsów i przerw między nimi w jednostce czasu (np. Gutman, Gilroy, Blake 2007). Jako główne dane potwierdzające hipotezę o integrującej roli synchronizacji przytacza się wyniki badań wskazujące na zdolność do szybkiego uzgodnienia aktywności nawet między odległymi obszarami mózgu (Engel et al. 1997). Synchronizacja w obszarach związanych z przetwarzaniem bodźców docierających do aparatu percepcyjnego ma być szczególnie wyraźna, gdy reprezentowane własności znajdują się blisko siebie, są związane z cechami tego samego obiektu fizycznego, tworzą figurę dającą efekt *Gestalt* (Grey 1999), a także jeśli w polu widzenia poruszają się w tym samym kierunku (Grossenber, Somers 1991), co stanowi wskazówkę, że charakteryzują części jednego przedmiotu fizycznego.

Krytykując koncepcje neuronalnej synchronizacji, wskazywano m.in. na wyniki sugerujące, że synchronizacja występuje głównie między neuronami posiadającymi wspólne pole percepcyjne (*receptive field*, obszar przestrzeni, w którym obecność bodźca zmieni aktywność danego neuronu) a nie tymi, które reprezentują własności jednego przedmiotu fizycznego (Palanca, Angelis 2005). Przeprowadzono także badania mające pokazywać, że nie ma istotnej różnicy w neuronalnej synchronizacji między sytuacjami, w których badanym prezentowany jest układ własności składający się na przedmiot, a tymi, gdy badani postrzegają obraz, na którym własności wizualne nie tworzą żadnego obiektu (Tallon-Baudry et al. 1997).

Część modeli neuronalnej synchronizacji zakłada istnienie wyróżnionych elementów sieci neuronalnej, odgrywających szczególną rolę w rozprzestrzenianiu synchronizacji (Grossenberg, Somers 1991), niektóre modele starają się natomiast wyjaśnić zjawisko synchronizacji za pomocą neuronalnej interpretacji pojęcia uwagi (Niebur, Koch, Rosin 1993), zainteresowaniem cieszą się również modele hierarchiczne, w których synchronizacja na niższych szczeblach struktury neuronalnej otwiera drogę do synchronizacji na wyższych poziomach (Hummel, Biederman

1992). Model Schillena i Königa (1994), którego teoretyczne sformułowanie zostało wykorzystane do stworzenia sztucznej sieci neuronowej, zakłada trzy rodzaje połączeń między elementami sieci: horyzontalne relacje synchronizacji, wertykalne relacje synchronizacji, horyzontalne relacje desynchronizacji.³ Zgodnie z tym modelem poszczególne neurony odpowiadają konkretnym punktom tworzącym pole widzenia. Są one pogrupowane w sieci kodujące odmienne rodzaje własności wizualnych, np. sieć odpowiedzialną za reprezentowanie barw lub sieć reprezentującą cechy takie, jak wertykalność i horyzontalność. Relacje horyzontalnej synchronizacji łączą położone blisko siebie (a więc odpowiadające sąsiednim obszarom pola widzenia) neurony tworzące jedną sieć (biorące udział w reprezentowaniu jednego wymiaru własności). Połączenia związane z synchronizacją wertykalną znajdują się między położonymi blisko siebie neuronami wchodzącymi w skład różnych sieci, np. neuronami reprezentującymi barwę i wertykalność/horyzontalność w odniesieniu do tego samego obszaru pola widzenia. Połączenia desynchronizujące zachodzą między odległymi (odpowiadającymi dalekim od siebie obszarom pola widzenia) neuronami i ułatwiają tworzenie granicy między reprezentacjami różnych własności. Ta stosunkowo prosta siatka pojęciowa pozwala m.in. wyjaśnić, w jaki sposób w przedmioty scalane są właściwe kombinacje jakości.

3. POJĘCIE PRZEDMIOTU PERCEPCJI W TEORII FIT I MODELU SK

3.1. Mechanizm tworzenia przedmiotu wedle FIT

Podstawowe elementy postulowane przez FIT to lokacje kodowane na mapie lokacji, jakości kodowane na mapach cech oraz uwaga. Za ich pomocą można opisać trzyetapowy mechanizm prowadzący do powstania reprezentacji przedmiotu.

1. Kodowanie cech i lokacji

Na pierwszym etapie własności postrzeganego przedmiotu fizycznego zostają zakodowane na mapie lokacji i mapach cech. Na mapie lokacji reprezentowane jest położenie postrzeganych przedmiotów fizycznych, jednak nie są na niej zakodowane ich własności wizualne. Istnieje jedna mapa lokacji reprezentująca miejsca wszystkich obiektów obecnych w polu widzenia, tak więc mapa lokacji jako całość koduje przestrzenne relacje między widzianymi obiektami.

Teoria FIT (np. Treisman 1988) zakłada istnienie wielu map cech, z których każda koduje jeden wymiar własności wizualnych, np. kolor. Własności wizualne przysługujące każdemu z postrzeganych obiektów fizycznych reprezentowane są na odpowiednich mapach cech. Każdy rodzaj własności jest więc reprezentowany osobno,

³ Modyfikuję w tym miejscu oryginalną terminologię, wedle której trzy relacje mają odpowiednio następujące nazwy: *short-range synchronizing connections*, *intermodule connections*, *long-range desynchronizing connections*.

a co więcej na mapach cech nie są reprezentowane miejsca w polu widzenia, tak więc posiadana przez umysł informacja o obecności własności w polu widzenia nie jest automatycznie związana z wiedzą o jej położeniu. W większości sytuacji osobne zakodowanie miejsc i poszczególnych własności wizualnych nie wystarczy do utworzenia poprawnej reprezentacji przedmiotu. Próby jego skonstruowania prowadzą do przypadkowych iluzorycznych połączeń.

2. Scalanie przeduwagowe

Zgodnie z FIT reprezentacja przedmiotu powstaje, gdy pewien obiekt ma wyraźną unikalną cechę, tzn. gdy na jednej z map cech reprezentowana jest taka własność, że posiada ją tylko jeden z postrzeganych obiektów. W takiej sytuacji jakości percepcyjne reprezentujące własności tego obiektu są scalane z lokacją percepcyjną reprezentującą jego położenie. Zasadą jest, że jedna LP może współtworzyć jeden przedmiot percepcji w danym momencie, lecz jedna jakość percepcyjna może scalić się z wieloma lokacjami percepcyjnymi. Wynika z tego, że choć na mapach cech nie jest reprezentowane położenie, a na mapie lokacji nie są reprezentowane własności wizualne, to istnieje powiązanie między reprezentacjami własności danego obiektu a reprezentacją jego miejsca w polu widzenia. W przeciwnym razie trudno byłoby wyjaśnić, w jaki sposób unikalna jakość percepcyjna scala się z właściwą lokacją percepcyjną. Jednakże to powiązanie nie wystarczy, by powstała reprezentacja przedmiotu, który nie posiada unikalnej własności. Zgodnie z FIT (Treisman, Sato 1990) przyczyną może tu być zbyt duża liczba aktywacji wywoływanych przez jakości percepcyjne, które próbują scalić się jednocześnie z wieloma lokacjami percepcyjnymi, a to może prowadzić do powstawania iluzorycznych połączeń. W takich wypadkach wykorzystywany jest mechanizm uwagi.

3. Scalanie uwagowe

Uwaga skupia się na kolejnych wyróżnionych miejscach na mapie lokacji, tzn. na tych miejscach, które reprezentują położenie postrzeganych obiektów. Dokładniej mówi się o ognisku skupienia uwagi, które może mieć mniejszy lub większy zasięg, obejmując całe grupy sąsiadujących lokacji percepcyjnych. Zgodnie z FIT uwaga pełni rolę hamującą, blokując aktywizację tych LP, na których nie jest skupiona (np. Treisman 1999). W praktyce działanie uwagi prowadzi do powstania warunków, w których może zadziałać mechanizm przeduwagowego scalania. Jeśli aktywowana może być tylko jedna lokacja percepcyjna (ta na której skupia się uwaga), to w oczywisty sposób wszystkie własności wizualne przedmiotu fizycznego położonego w miejscu reprezentowanym przez tę LP są unikalne. Pozostałe przedmioty fizyczne obecne w polu widzenia nie są wówczas brane pod uwagę (lokacje percepcyjne reprezentujące ich położenie nie są aktywowane przez jakości percepcyjne z map cech). W tej sytuacji może powstać reprezentacja przedmiotu związanego z LP objętą skupieniem uwagi.

3.2. Mechanizm tworzenia przedmiotu wedle SK

Podstawowymi elementami zakładanymi przez większość modeli neuronalnej synchronizacji jest struktura, na którą składają się elementy (inspirowane cechami neuronów), łączące je relacje (inspirowane połączeniami między komórkami układu nerwowego) oraz aktywność przejawiana przez daną strukturę. Struktura, której elementy zsynchronizowały swoją aktywność za sprawą łączących je relacji, reprezentuje pewną własność wizualną, a różnym własnościom odpowiadają różne aktywności. Struktury reprezentujące własności wizualne mogą w dalszej kolejności zsynchronizować swoją aktywność, co prowadzi do powstania reprezentacji przedmiotu. W wyniku synchronizacji wielu struktur powstaje nowa aktywność (związana z reprezentacją przedmiotu), w którą przekształciły się aktywności odpowiedzialne za reprezentację poszczególnych własności wizualnych.

Pojęcie reprezentacji używane w modelach neuronalnej synchronizacji jest dwuznaczne. Nie jest przesądzone, czy reprezentacją (np. pewnej własności) jest sama aktywność, czy też aktywność wraz z realizującą ją konkretną strukturą. Na rzecz każdej z tych możliwości można sformułować pewne argumenty. Zwolennik reprezentacji jako samej aktywności może uważać, że struktura nie wchodzi w skład reprezentacji, ponieważ ta sama własność może być reprezentowana przez różne struktury, jeśli tylko przejawiają one tę samą aktywność. Z kolei osoba optująca za rozumieniem reprezentacji jako połączenia aktywności ze strukturą może argumentować, że gdyby dana aktywność realizowana była przez inną strukturę, to mielibyśmy do czynienia z reprezentacją takiej samej własności, ale nie tej samej, a co za tym idzie także z inną reprezentacją. W dalszej części pracy postaram się pokazać, że wybór dokonany w tej kwestii w istotny sposób determinuje to, jaka analiza pojęcia przedmiotu percepcji jest spójna ze strukturą modelu SK.

Poza wieloznacznością pojęcia reprezentacji opisana wyżej siatka pojęciowa nie wystarcza, by rozwiązać problem scalania w percepcji. Nie pozwala udzielić satysfakcjonującej odpowiedzi na co najmniej trzy pytania:

1. W jaki sposób możliwe jest rozróżnienie między kilkoma reprezentacjami takiej samej własności?
2. Na jakiej podstawie spośród wielu reprezentowanych własności scalane są akurat te, które odpowiadają własnościom posiadanym przez jeden fizyczny przedmiot?
3. W jaki sposób możliwe jest rozróżnienie między kilkoma reprezentacjami jakościowo tożsamy przedmiotów?

Jak zaznaczyłem już wcześniej, model SK jest w stanie odpowiedzieć na te pytania, jeśli rozszerzymy podstawową siatkę pojęciową modeli neuronalnej synchronizacji, wskazując trzy rodzaje relacji zachodzących między elementami struktury:

— relacje horyzontalnej synchronizacji — zachodzą między tymi elementami struktury kodującej jeden wymiar własności (np. barwę), które odpowiadają bliskim miejscom w polu widzenia. Dzięki nim elementy struktury synchronizują aktywność, co prowadzi do powstania spójnej reprezentacji własności.

— relacje wertykalnej synchronizacji — zachodzą między tymi elementami struktur kodujących różne wymiary własności, które odpowiadają tym samym lub bliskim miejscom w polu widzenia. Dzięki nim elementy różnych struktur związanych z reprezentacją różnych własności synchronizują aktywność, co prowadzi do powstania spójnej reprezentacji przedmiotu.

— relacje desynchronizacji — zachodzą między tymi elementami struktury kodującej jeden wymiar własności, które odpowiadają oddalonym od siebie miejscom w polu widzenia. Relacje desynchronizacji pomagają w tworzeniu się granic między częściami struktury przejawiającymi odmienną aktywność. Ich działanie powinno być jednak mniej intensywne niż relacji horyzontalnej synchronizacji, tak aby było możliwe utworzenie homogenicznej reprezentacji jednej własności zajmującej znaczną część pola widzenia.

Z pierwszym problemem model SK radzi sobie w następujący sposób: gdy reprezentowane są dwie takie same własności F1 i F2 położone w różnych miejscach pola widzenia, to w częściach struktury odpowiedzialnej za kodowanie danego wymiaru własności powstaje aktywność związana z reprezentowaniem F1, aktywność związana z reprezentowaniem F2 oraz aktywność G związana z reprezentowaniem własności rozdzielającej w polu widzenia F1 od F2. Struktura związana z reprezentowaniem F1 i struktura związana z reprezentowaniem F2 nie są połączone relacjami horyzontalnej synchronizacji — są rozdzielone strukturą związaną z reprezentowaniem G. Struktury związane z reprezentowaniem F1 oraz G, a także F2 oraz G są połączone relacjami horyzontalnej synchronizacji. Za sprawą połączeń desynchronizujących i faktu, że realizują odmiennie aktywności, istnieje jednak między nimi granica. Odpowiedź na pytanie 1. brzmi więc: kilka reprezentacji takich samych własności można rozróżnić, gdyż związane z nimi struktury są rozdzielone inną strukturą realizującą inną aktywność. Analogicznego wyjaśnienia można udzielić na 3. pytanie, z tym że struktury związane z reprezentacjami przedmiotów składają się z elementów między którymi zachodzą także relacje wertykalnej synchronizacji.

W przypadku pytania 2. i związanego z nim problemu uzyskiwania właściwych połączeń między reprezentacjami własności model SK udziela następującej odpowiedzi: reprezentacje własności związane z różnymi wymiarami (np. w uproszczeniu kolorem i kształtem) scalane są za sprawą wertykalnych połączeń synchronizacyjnych. Zachodzą one między elementami struktury odpowiadającymi tym samym bądź bliskim miejscom w polu widzenia. Dzięki temu scalane są te reprezentacje własności, które związane są z tym samym obszarem w polu widzenia.

3.3. Postulaty FIT

Na podstawie opisanego wyżej mechanizmu tworzenia reprezentacji przedmiotu wedle FIT można sformułować kilka postulatów, które musi spełnić pojęcie przedmiotu percepcji, aby było spójne z tą teorią:

F1) Każdy przedmiot percepcji (PP) jest konstytuowany przez dwa rodzaje elementów: lokacje percepcyjne (LP) i jakości percepcyjne (JP). LP reprezentują te miejsca w polu widzenia, w których znajdują się przedmioty fizyczne, a JP reprezentują własności wizualne tych przedmiotów. Jedna LP może konstytuować tylko jeden PP w danym momencie, jedna JP percepcyjna może konstytuować wiele PP jednocześnie.

F2) Każda LP jest powiązana z co najmniej jedną spośród JP obecnych na mapach cech.

F3) Każda JP obecna na mapach cech jest powiązana z co najmniej jedną spośród LP obecnych na mapie lokacji.

F4) Powiązanie zachodzi między JP i LP reprezentującymi własności i położenie charakteryzujące jeden przedmiot fizyczny.

F5) Powiązanie między JP i LP nie wystarczy dla ukonstytuowania się przedmiotu.

F6) Reprezentacja przedmiotu powstaje, gdy pewna JP powiązana jest tylko z jedną LP. W sytuacji braku unikalnej JP reprezentacja przedmiotu nie powstaje, gdyż powiązane ze sobą JP i LP łączą się w nieprawidłowy, chaotyczny sposób (iluzoryczne połączenia).

F7) W sytuacji braku unikalnej JP wykorzystywana jest uwaga. Uwaga skupiając się na pewnej LP, ogranicza występowanie połączeń między JP a innymi LP. Brana jest pod uwagę tylko jedna LP, a więc z konieczności istnieją unikalne JP — powiązane tylko z tą LP. Umożliwia to utworzenie PP zgodnie z F6.

3.4. Postulaty SK

Podobnie jak w przypadku teorii FIT również na podstawie mechanizmu proponowanego przez model SK można sformułować postulaty, z którymi analiza pojęcia przedmiotu percepcji powinna być spójna:

N1) Model SK postuluje element określany jako „struktura”, na którą składają się elementy oraz relacje (horyzontalnej synchronizacji, wertykalnej synchronizacji, desynchronizacji). Każda struktura mająca więcej niż jeden element składa się z mniejszych struktur stanowiących jej części.

N2) Każdy element wchodzący w skład struktury reprezentuje pewne miejsce w polu widzenia.

N3) Każda struktura (zbiór elementów połączony układem relacji) może realizować aktywność. Aktywność rozprzestrzenia się po strukturze za sprawą relacji synchronizacji, z kolei relacje desynchronizacji pomagają w tworzeniu się granic między różnymi aktywnościami.

Kolejny postulat istnieje w dwóch alternatywnych wersjach, związanych z niejednoznacznym statusem reprezentacji własności na gruncie SK:

N4a) Reprezentacja własności jest aktywnością struktury (jeśli wybierzemy pierwsze rozumienie pojęcia reprezentacji).

N4b) Reprezentacja własności jest aktywnością wraz z realizującą ją strukturą (jeśli wybierzemy drugie rozumienie pojęcia reprezentacji).

N5) Reprezentacja przedmiotu powstaje z połączenia jakości percepcyjnych (reprezentacji własności), a więc jest ona:

(N4a) połączeniem aktywności, a co za tym idzie sama jest aktywnością powstałą w wyniku synchronizacji aktywności reprezentujących własności albo

(N4b) jest połączeniem aktywności oraz realizujących je struktur — całością złożoną z (1) aktywności powstałej w wyniku synchronizacji aktywności biorących udział w reprezentowaniu własności oraz (2) struktury złożonej z mniejszych struktur, które realizowały zsynchronizowane aktywności.

3.5. Przedmiot percepcji według FIT

Przejdę teraz, posługując się kategoriami metafizycznymi, do analizy pojęcia przedmiotu percepcji, spójnej z postulatami sformułowanymi na podstawie struktury konceptualnej teorii FIT. Nie chcę utrzymywać, że opisane niżej pojęcie przedmiotu percepcji jest jedynym, które może być zgodne z postulatami FIT. Sądzę jednak, że zaproponowana przeze mnie analiza, spełniając warunki nałożone przez teorię FIT, ujawnia istotne cechy, które musi posiadać każde zgodne z tą teorią pojęcie przedmiotu percepcji.

Postulat F1: Lokacje i jakości

Rozważając pierwszy postulat, warto odwołać się do metafizycznego rozróżnienia na uniwersalia oraz indywidua. Posłużę się popularnym kryterium wielokrotnej i jednokrotnej realizowalności. Wielokrotną realizowalność można rozumieć na dwa główne sposoby: jako zdolność do konstytuowania wielu przedmiotów w tym samym momencie bądź zdolność do zajmowania wielu różnych (przestrzennie rozdzielonych) miejsc na raz. Analogicznie element nazwiemy jednokrotnie realizowalnym, gdy może konstytuować tylko jeden przedmiot w danym momencie bądź może na raz uobecnić się tylko w jednym miejscu. Te dwie charakterystyki nie zawsze są równoważne, np. pewien element mógłby konstytuować wiele przedmiotów na raz, ale zawsze byłyby to przedmioty stykające się ze sobą w przestrzeni, tak więc ów element nie byłby realizowalny jednocześnie w wielu różnych miejscach.

Jednakże w szczególnym kontekście teorii FIT okazuje się, że dwie wymienione wyżej charakterystyki wielokrotnej i jednokrotnej realizowalności są sobie równoważne. Wiąże się to z tym, że wedle FIT jedna lokacja percepcyjna może konstytuować tylko jeden przedmiot percepcji w danym momencie, a więc jeśli coś może być związane z wieloma LP na raz, to może także konstytuować wiele PP jednocześnie. Podobnie na gruncie FIT każdy przedmiot percepcji jest konstytuowany przez jedną

lokację percepcyjną, a więc jeśli coś może konstytuować wiele PP na raz, to może także wiązać się z wieloma LP jednocześnie.

Postulat F1 wprost przypisuje lokacjom percepcyjnym jednokrotną realizowalność, a jakościom percepcyjną wielokrotną realizowalność w rozumieniu dotyczącym konstytuowania przedmiotów percepcji. Na mocy wskazanej wyżej równowagi możemy również przypisać wielokrotną realizowalność JP i jednokrotną realizowalność LP w sensie związanym z zajmowaniem miejsc. Wobec tego z postulatem F1 zgodne jest pojęcie „przedmiotu percepcji”, wedle którego każdy PP jest konstytuowany przez dwa rodzaje elementów: indywiduum (LP) i uniwersalia (JP), rozróżniane dzięki zdolności do jednokrotnej bądź wielokrotnej realizacji.

Postulaty F2, F3, F4: powiązanie lokacji i jakości

Zgodnie z postulatami F2 i F3 między częścią lokacji percepcyjnych i jakości percepcyjnych zachodzi relacja określana jako „powiązanie”: każda JP jest powiązana co najmniej z jedną LP, a każda LP co najmniej z jedną JP. Dodatkowo postulat F4 nakłada warunek, który musi spełniać taka relacja: ma ona łączyć lokacje percepcyjne i jakości percepcyjne reprezentujące cechy przysługujące jednemu przedmiotowi fizycznemu.

Jak sądzę, relację powiązania można adekwatnie scharakteryzować w następujący sposób:

1) Powiązanie zachodzi między lokacjami percepcyjnymi i jakościami percepcyjnymi.

2) Każda JP powiązana jest przynajmniej z jedną LP oraz każda LP powiązana jest przynajmniej z jedną JP.

3) Lokacja L jest powiązana w danym momencie z jakością F wtedy i tylko wtedy, gdy obecność L na mapie lokacji jest wystarczającym warunkiem obecności F na jednej z map cech, w przypadku rozważania zmian polegających na znikaniu lokacji percepcyjnych bądź jakości percepcyjnych z mapy lokacji lub mapy cech.

Punkty 1) i 2) charakterystyki powiązania stanowią uwzględnienie postulatów F2 i F3. Trzeci punkt sprawia, że relacja powiązania jest spójna z postulatem F4. Zgodnie z FIT reprezentowane są zarówno własności, jak i położenie każdego obiektu fizycznego obserwowanego w danym momencie. Jeśli pewna lokacja (L) i pewna jakość (F) reprezentują cechy różnych przedmiotów fizycznych,⁴ to obecność L nie wystarczy, by F było obecne. W danym momencie przedmiot reprezentowany przez F mógłby nie być obserwowany, a jakość F nie być obecna na mapie cech, a mimo to L wciąż jako reprezentująca inny przedmiot fizyczny mogłaby być obecna na mapie lokacji. Jednak jeśli w danym momencie L i F reprezentują cechy jednego obiektu fizycznego, to obecność L wystarczy dla obecności F — wszystkie inne lokacje oprócz L mogłyby nie być obecne na mapie lokacji, a mimo to F byłaby obecna na mapie cech.

⁴ Tzn. przedmiot fizyczny znajdujący się w położeniu reprezentowanym przez L nie ma własności reprezentowanej przez F.

Postulaty F5, F6, F7: konstytuowanie przedmiotu

Postulaty F5, F6 i F7 mówią o warunkach, pod jakimi dochodzi do utworzenia reprezentacji przedmiotu. Charakterystyka połączenia między lokacjami percepcyjnymi i jakościami percepcyjnymi, w wyniku którego powstaje przedmiot percepcji, powinna spełniać następujące warunki:

- dodawać nowy rodzaj połączenia JP i LP poza tym, o którym mówi relacja powiązania (postulat F5),
- pokazywać, że PP powstaje, gdy z LP powiązana jest unikalna JP (postulat F6),
- pokazywać, że w przypadku braku unikalnej JP przedmiot percepcji nie powstaje za sprawą zbyt dużej liczby połączeń między JP i LP (postulat F6),
- uwzględniać element nazywany „uwagą”, który prowadzi do powstania PP przez ograniczenie liczby połączeń między JP i LP (postulat F7).

Rozpoczynając od postulatu F7, uwagę będę traktował jako modalność lokacji percepcyjnych. LP może przejawiać dwa stany: pierwszy, gdy nie jest wykluczana przez uwagę, i drugi, gdy uwaga ją wyklucza. W sytuacji, w której uwaga skupiona jest na pewnej lokacji percepcyjnej, wszystkie LP poza nią są wykluczane przez uwagę. Przyjmuję, że gdy uwaga nie jest skupiona na żadnej lokacji percepcyjnej, lecz jest rozproszona po całym polu widzenia, to żadna z LP nie jest wykluczana przez uwagę. Korzystając z takiego rozumienia uwagi i określonej wcześniej relacji powiązania, scharakteryzuję relację aktywizacji:

Relacja aktywizacji:

1) jest relacją wewnętrzną: dla jej zachodzenia wystarczy sama obecność JP na mapie cech oraz obecność powiązanej z nią niewykluczonej przez uwagę LP na mapie lokacji,

2) jest relacją wieloargumentową zachodzącą między każdą JP obecną na jednej z map cech, wszystkimi niewykluczonymi przez uwagę LP powiązanimi z tą JP oraz wszystkimi innymi JP powiązanimi z tymi LP,⁵

3) każde dwie relacje aktywizacji różnią się przynajmniej jednym elementem (JP bądź LP).

Na podstawie charakterystyki relacji aktywizacji można opisać jej szczególny przypadek — relację przedmiotowej aktywizacji. Relacją przedmiotowej aktywizacji jest relacja aktywizacji taka, że pośród jej elementów jest tylko jedna lokacja percepcyjna. Relacja przedmiotowej aktywizacji wraz ze swoimi elementami tworzy reprezentację przedmiotu.

Taka charakterystyka jest zgodna z postulatem F5: relacja powiązania między lokacjami percepcyjnymi a jakościami percepcyjnymi nie wystarcza, by powstał przedmiot percepcji, gdyż do tego potrzebne jest zachodzenie relacji przedmiotowej aktywizacji. Zgodnie z postulatem F6 reprezentacja przedmiotu powinna powstawać,

⁵ Np. relacja aktywizacji łączy jakość G ze wszystkimi powiązanimi z nią lokacjami (np. L1 i L2) oraz ze wszystkimi pozostałymi jakościami powiązanimi z lokacjami L1 i L2.

gdy pewna JP jest powiązana tylko z jedną LP, natomiast nie powinna powstawać w sytuacji braku takiej unikalnej jakości percepcyjnej. To, że relacja przedmiotowej aktywizacji spełnia te warunki, można łatwo zilustrować, używając przykładów zaczerpniętych z eksperymentów związanych z teorią FIT (np. Treisman, Gelade 1980). Na początek rozważ przykład, w którym nie występuje unikalna JP.

Przykład 1

W polu widzenia obecnych jest pięć przedmiotów *a*, *b*, *c*, *d*, *e*. Przedmiotowi *a* przysługują własności F i G oraz znajduje się w miejscu 1. Przedmiot *b* również ma własności F i G, lecz znajduje się w miejscu 2. Przedmiot *c* ma własności G i H i znajduje się w miejscu 3. Przedmiot *d* charakteryzuje się własnościami H i J oraz znajduje się w miejscu 4. Wreszcie również przedmiot *e* posiada własności H i J, lecz zajmuje miejsce 5. Każda własność przysługuje więcej niż jednemu przedmiotowi: F(*a*, *b*), G(*a*, *b*, *c*), H(*c*, *d*, *e*), J(*d*, *e*), nie powinno więc dojść do utworzenia reprezentacji przedmiotu.

Jakości percepcyjne i lokacje percepcyjne oznaczą tymi samymi symbolami co reprezentowane przez nie własności i miejsca w polu widzenia. Zgodnie z charakterystyką relacji aktywizacji dla każdej JP powstaje tego typu relacja łącząca ją z powiązanymi z nią LP i pozostałymi JP związanymi z tymi LP. W opisywanym przypadku powstaną relacje aktywizacji łączące następujące elementy:

- Relacja 1 łącząca jakość F z lokacjami 1, 2 oraz jakością G.
- Relacja 2 łącząca jakość G z lokacjami 1, 2, 3 oraz jakościami F, H.
- Relacja 3 łącząca jakość H z lokacjami 3, 4, 5 oraz jakością J.
- Relacja 4 łącząca jakość J z lokacjami 4, 5 oraz jakością H.

Żadna z tych relacji nie jest relacją przedmiotowej aktywizacji — ich elementami są zawsze co najmniej dwie lokacje percepcyjne. Próby losowego przetworzenia ich w relacje przedmiotowej aktywizacji mogą skończyć się powstaniem iluzorycznych połączeń np. relację 2 można zredukować tak, aby łączyła jakość G z lokacją 2 i jakością H, co daje reprezentację nieistniejącego przedmiotu (nie ma przedmiotu znajdującego się w miejscu 2 o własnościach G i H). Jest to zgodne z postulatem F6: w wypadku braku unikalnej JP powstaje zbyt wiele połączeń, przez co nie można jednoznacznie określić, które JP powinny zostać scalone z daną LP.

Przykład 2

Ponownie w polu widzenia znajduje się pięć przedmiotów *a*, *b*, *c*, *d*, *e*. Przedmiot *a* ma własności F i G oraz znajduje się w miejscu 1. Przedmiot *b* również posiada własności F i G, lecz znajduje się w miejscu 2. Przedmiot *c* ma własności G i X oraz znajduje się w miejscu 3. Przedmiotowi *d* przysługują własności H i J oraz znajduje się w miejscu 4. Wreszcie również przedmiotowi *e* przysługują własności H i J, a zajmuje miejsce 5. W przeciwieństwie do poprzedniego przypadku istnieje unikalna własność X, która przysługuje tylko przedmiotowi w miejscu 3. Powinno więc dojść do utworzenia reprezentacji tego przedmiotu.

W opisywanym przypadku powstaną relacje aktywizacji łączące następujące elementy:

- Relacja 1 łącząca jakość F z lokacjami 1, 2 oraz jakością G.
- Relacja 2 łącząca jakość G z lokacjami 1, 2, 3 oraz jakościami F, X.
- Relacja 3 łącząca jakość X z lokacją 3 oraz jakością G.
- Relacja 4 łącząca jakość H z lokacjami 4, 5 oraz jakością J.
- Relacja 5 łącząca jakość J z lokacjami 4, 5 oraz jakością H (tożsama z relacją 4).

Jak nietrudno zauważyć, w tym wypadku powstaje jedna relacja przedmiotowej aktywizacji łącząca jakość X, lokację 3 oraz jakość G. Tworzy ona reprezentację przedmiotu posiadającego unikalną własność.

Zgodnie z postulatem F7 w sytuacjach braku unikalnej jakości percepcyjnej w utworzeniu reprezentacji przedmiotu pomaga wykorzystanie uwagi, która ogranicza liczbę występujących połączeń. Wedle zaproponowanej wyżej charakterystyki relacja aktywizacji nie łączy JP z LP wykluczonymi przez uwagę. W przypadku, w którym uwaga skupia się na jednej lokacji percepcyjnej, wszystkie inne zostają przez uwagę wykluczone. Powstaje wtedy tylko jedna relacja aktywizacji łącząca tę jedną LP z powiązanymi z nią JP. W takich warunkach jest ona oczywiście relacją przedmiotowej aktywizacji i za jej sprawą powstaje reprezentacja przedmiotu związanego z lokacją percepcyjną, na której skupia się uwaga.

Podsumowując, wedle pojęcia przedmiotu percepcji zgodnego z postulatami sformułowanymi na podstawie teorii FIT przedmiot percepcji:

- 1) Jest połączeniem elementu o charakterystyce indywiduum (jednokrotna realizowalność) z elementami o charakterystyce uniwersaliów (wielokrotna realizowalność).
- 2) Za połączenie to odpowiedzialna jest relacja przedmiotowej aktywizacji, której przedstawiona wyżej charakterystyka spełnia postulaty FIT i która jest związana z relacją powiązania między LP a JP.
- 3) Przedmiot jest relacyjnym połączeniem indywiduum i uniwersaliów. W wyniku połączenia indywiduum i uniwersalia nie przestają istnieć, lecz zostają połączone relacją i razem konstytuują przedmiot percepcji.
- 4) Przedmiot percepcji należy do kategorii indywiduów. Nie jest wielokrotnie realizowalny, ponieważ w jego skład wchodzi jednokrotnie realizowalny element (LP).

3.6. Przedmiot percepcji według SK

Postulaty N1, N2, N3: struktura i aktywność

Rozważając strukturę i aktywność, o których mówi model SK, warto ponownie odwołać się do rozróżnienia na indywidua i uniwersalia związane z możliwością jednokrotnej bądź wielokrotnej realizacji. Struktura, czyli pewien zbiór elementów

wraz z układem łączących je relacji, jest jednokrotnie realizowalna w tym sensie, że jako całość może konstytuować tylko jeden PP w danym momencie. Przedmiot percepcji zgodnie z SK (postulat N5) jest pewną aktywnością albo aktywnością wraz z realizującą ją strukturą. W pierwszym wypadku struktura w ogóle nie bierze udziału w konstytuowaniu PP, w drugim jedna struktura jako całość może konstytuować tylko jeden przedmiot percepcji na raz. Może się zdarzyć, że części jednej struktury w danym momencie realizują odrębne aktywności i dzięki temu konstytuują wiele PP. Wówczas jednak dana struktura jako całość nie konstytuuje żadnego przedmiotu percepcji.

Zgodnie z postulatem N2 struktura reprezentuje pewne miejsce w polu widzenia. W związku z tym jest ona także jednokrotnie realizowalna w drugim z używanych tutaj sensów: może być związana tylko z jednym miejscem, które reprezentuje, i sama jako złożona z konkretnych elementów zajmuje zawsze jedno miejsce w danym momencie. Wobec tego strukturę można określić jako indywiduum w przyjmowanym tutaj znaczeniu.

Kwestia realizowalności jest mniej jasna w przypadku aktywności. Na gruncie modelu SK jest ona rozumiana jako pewien wzorec wysyłanych impulsów i przerw między nimi. Prosty fikcyjny przykład mógłby być wzorec: impuls — przerwa trwająca 0,01s — kolejny impuls. Aktywność rozprzestrzenia się w strukturze dzięki relacji synchronizacji. W bardzo ogólny sposób jej działanie można scharakteryzować następująco:

Jeśli element A jest w relacji synchronizacji z elementem B oraz A realizuje aktywność F, a B realizuje aktywność G, to jeśli nie zajdą dodatkowe okoliczności, które by temu przeciwdziałały, wraz z upływem czasu aktywność F elementu A oraz aktywność G elementu B będą się do siebie upodabniać.

Warto zauważyć, że w wyniku synchronizacji w większości wypadków aktywności zostaną przetworzone w inną nową aktywność. Wzajemne upodabnianie się wzorców aktywności powinno zazwyczaj prowadzić do powstania wzorca będącego ich uśrednieniem.

W modelu SK nie ma teoretycznych przeszkód, aby uznać, że ta sama aktywność (ten sam wzorec) może być realizowana przez wiele struktur jednocześnie, a zatem, że aktywność może konstytuować wiele przedmiotów percepcji na raz i znajdować się w wielu miejscach w danym momencie. Skłaniałoby to do uznania aktywności za uniwersale. Można jednak również uznać, że ta sama aktywność nigdy nie może być jednocześnie realizowana dwa razy, co najwyżej może być realizowanych kilka bardzo podobnych aktywności. Poniżej będę interpretował aktywność jako uniwersale mające możliwość wielokrotnej realizacji. Wybór drugiej możliwości doprowadziłby do skonstruowania innego pojęcia przedmiotu percepcji, ale nie zmieniłby zasadniczych konkluzji dotyczących stopnia konceptualnych różnic i podobieństw między SK i FIT.

Postulat N4a i N4b: reprezentacja własności

Postulat N4 przybiera dwie alternatywne wersje: wedle wersji a) reprezentacja własności jest samą aktywnością, a wedle b) aktywnością wraz z realizującą ją strukturą. Wcześniej ustaliłem, że strukturze można przypisać charakterystykę indywidualum, a aktywności charakterystykę uniwersale. Wobec tego z postulatami N4a zgodna będzie interpretacja reprezentacji własności jako uniwersale, ponieważ w tym wypadku reprezentacja własności jest po prostu aktywnością. Inaczej dzieje się, jeśli wybierzemy postulat N4b. Wówczas reprezentacja własności jest złożonym bytem, który tworzy indywidualum oraz uniwersale. Sama reprezentacja własności jako konstytuowana między innymi przez element indywidualny jest również indywidualum.

Postulat N5: przedmiot

To, czym jest przedmiot percepcji na gruncie SK, wynika z wyboru postulatu N4a lub N4b oraz wcześniejszych ustaleń dotyczących struktury i aktywności. Jeśli wybierzemy pierwszą możliwość (zgodną z N4a), to PP jest połączeniem reprezentacji własności, a więc połączeniem aktywności. Łączenie aktywności dokonuje się przez synchronizację, której efektem jest zazwyczaj powstanie nowej aktywności w wyniku wzajemnego upodobniania synchronizujących się aktywności. Przedmiot percepcji jest więc także pewną aktywnością, a co za tym idzie, posiada on charakterystykę uniwersale.

W myśl drugiej możliwości (zgodnej z N4b) PP jest połączeniem reprezentacji własności, czyli połączeniem aktywności (a więc nową aktywnością) realizowanym przez określoną strukturę. Jej części stanowią struktury konstytuowane przez łączące się reprezentacje własności. Przedmiot percepcji jest więc indywidualum konstytuowanym przez strukturę (o charakterze indywidualum) oraz aktywność (o charakterze uniwersale).

Podsumowując, przy interpretacji N4a zgodne z postulatami modelu SK jest następujące pojęcie przedmiotu percepcji:

- 1) Aktywność jako element wielokrotnie realizowany ma charakterystykę uniwersale.
- 2) Reprezentacje własności są aktywnościami i mają charakterystykę uniwersaliów.
- 3) Przedmiot percepcji jest połączeniem reprezentacji własności, czyli połączeniem aktywności o charakterze uniwersaliów.
- 4) Połączenie aktywności dzięki synchronizacji prowadzi do powstania nowej aktywności.

5) Przedmiot percepcji jest aktywnością, a więc ma charakterystykę uniwersale.

6) Koniecznym warunkiem połączenia aktywności, w którego efekcie powstaje PP, jest istnienie struktur o cechach indywidualum, których elementy są odpowiednio związane relacjami synchronizacji.

Zgadając się na interpretację zawartą w postulatcie N4b, otrzymamy odmienne pojęcie przedmiotu percepcji zgodne z modelem SK:

1) Struktura jako element jednokrotnie realizowalny ma charakterystykę indywidualum.

2) Aktywność jako element wielokrotnie realizowany ma charakterystykę uniwersale.

3) Reprezentacje własności są aktywnościami (o charakterystyce uniwersaliów) wraz z realizującymi je strukturami (o charakterze indywidualów) i same są indywidualami.

4) Przedmiot percepcji jest połączeniem reprezentacji własności, czyli połączeniem indywidualów (aktywności i struktury).

5) Połączenie aktywności dzięki synchronizacji prowadzi do powstania nowej aktywności.

6) Przedmiot percepcji konstytuowany jest przez (i) aktywność o charakterze uniwersale powstałą w wyniku synchronizacji aktywności, które wchodziły w skład reprezentacji własności oraz przez (ii) strukturę o charakterze indywidualum złożoną z części, które były strukturami łączących się reprezentacji własności.

7) Przedmiot percepcji jest konstytuowany między innymi przez element o charakterystyce indywidualum, a więc sam jest indywidualum.

Okazuje się, że wybór interpretacji tego, czym na gruncie modelu SK jest reprezentacja, ma istotny wpływ na to, jakie pojęcie przedmiotu percepcji będzie zgodne z tym modelem.

4. PORÓWNANIE

W wyniku wcześniejszych ustaleń otrzymałem pojęcie przedmiotu percepcji zgodne ze strukturą teorii FIT oraz dwa pojęcia spójne z modelem SK — jedno mające zastosowanie w sytuacji, w której reprezentację interpretuje się jako aktywność (model wraz z tą interpretacją będę dalej w skrócie nazywał SK1), drugie gdy przez reprezentację rozumie się aktywność wraz z realizującą ją strukturą (dalej SK2). Pokazuje to, że struktura konceptualna niektórych teorii nie jest na tyle doprecyzowana, aby jednoznacznie wyznaczać warunki, które musi spełnić pojęcie przedmiotu percepcji. Aby uzyskać niejednoznaczne aspekty teorii, należy je dookreślić, dodając pewne założenia.

Porównanie charakterystyk przedmiotu percepcji zgodnych z psychologiczną FIT i neuronalnym modelem SK1 oraz SK2 pokazuje, że koncepcje te, choć wyjaśniają to samo zjawisko, posługują się tym pojęciem w odmienny sposób. Rozpocznę od pojęcia spójnego z SK1. Zarówno FIT, jak i SK1 zakładają podobne podstawowe elementy: z jednej strony są to reprezentacje miejsc w polu widzenia o charakterystyce indywidualów (lokacje w FIT i struktury w SK1), z drugiej reprezentacje własności wizualnych o charakterystyce uniwersaliów, w siatce pojęciowej SK1 utożsamiane z aktywnościami. Fundamentalna różnica dotyczy natomiast samej kategorii przedmiotu percepcji. W FIT jest on konstytuowany przez relacyjne połączenie in-

dywiduum z uniwersaliami i sam ma charakter indywiduum. Natomiast wedle SK1 przedmiot percepcji jest uniwersale powstającym w wyniku połączenia innych powszechników. Pojęcie przedmiotu percepcji zgodne z FIT oraz pojęcie przedmiotu percepcji spójne z SK1 odnoszą się do dwóch zupełnie różnych PP, należących do odmiennych kategorii ontologicznych, a użycie terminu „przedmiot percepcji” w obrębie tych dwóch koncepcji wydaje się przypadkiem ekwiwokacji.

Spójne z FIT pojęcie przedmiotu percepcji jest pod pewnym względem podobne do tego, które oferują koncepcje substratowe (np. Allaire 1963). Przedmiot percepcji konstytuują dwa rodzaje elementów, z których jeden pełni rolę indywidualizującą, a pozostałe odpowiadają za jego jakościowy charakter. Pojęcie przedmiotu percepcji zgodne z FIT różni się natomiast od klasycznych teorii substratowych szczególną charakterystyką relacji łączącej indywiduum z uniwersaliami oraz mocnym powiązaniem elementu indywidualizującego z miejscem w przestrzeni. Najbliższe pojęciu przedmiotu percepcji zgodnemu z SK1 są natomiast propozycje formułowane na gruncie teorii wiązkowych (np. van Cleve 1985). Jednakże w typowych teoriach wiązkowych przedmiot jest relacyjnym połączeniem wielu jakości, gdy tymczasem zgodnie z SK1 jest on jednym monadycznym uniwersale, które powstało z przetworzenia innych uniwersaliów w procesie synchronizacji.

Zgodnie z siatką pojęciową SK2 reprezentacje własności wizualnych, inaczej niż wedle FIT, nie są prostymi elementami o charakterystyce uniwersaliów, lecz są indywiduami złożonymi z aktywności (uniwersale) i realizującej ją struktury (indywiduum). Samo pojęcie przedmiotu percepcji zgodne z SK2 jest jednak bardziej podobne do pojęcia spójnego z FIT, niż dzieje się to w przypadku SK1. Na gruncie SK2 przedmiot percepcji jest indywiduum (aktywnością wraz ze strukturą), które powstaje przez połączenie kilku reprezentacji własności. Pomimo tego, że zarówno w FIT, jak i SK2 przedmiot percepcji jest rozumiany jako indywiduum, wciąż można wskazać na co najmniej dwie istotne różnice w charakterystykach tego pojęcia.

Po pierwsze wedle pojęcia zgodnego z FIT w skład PP wchodzi wiele elementów o charakterze uniwersaliów (jakości połączone relacyjnie z lokacją), podczas gdy zgodnie z pojęciem spójnym z SK2 przedmiot percepcji współtworzy tylko jeden taki element (aktywność realizowana przez strukturę). Po drugie zgodnie z FIT element indywidualizujący wchodzący w skład PP jest prostym indywiduum (lokacja), podczas gdy wedle SK2 jest on strukturą złożoną z innych indywiduów.

Pomimo tych różnic można stwierdzić, że oba pojęcia przedmiotu percepcji zakładają podział na dwa rodzaje elementów konstytuujących przedmiot. Podobnie czynią to koncepcje substratowe. Trzeba jednak zauważyć, że pojęcie spójne z SK2 jest dość odległe od typowych filozoficznych koncepcji substratowych, które z reguły zakładają, że element indywidualizujący jest niezłożony i połączony z wieloma elementami jakościowymi. W tekstach filozoficznych różne wersje koncepcji substratowych często nie cieszą się uznaniem. Okazuje się jednak, że teorie naukowe, jeśli przyjmą pewne charakterystyczne dla tych koncepcji rozwiązania, są w stanie w znacznej mierze wyjaśnić proces scalania jakości percepcyjnych w przedmioty

percepcji. Zakładając realistyczną interpretację struktury konceptualnej omawianych teorii, można wręcz powiedzieć, że na etapie procesu percepcyjnego związanego z problemem scalania umysł reprezentuje przedmioty w sposób, którego pewne cechy są dość podobne do tych obecnych w charakterystyce pojęcia przedmiotu proponowanej przez koncepcje substratowe.

Podsumowując rozważania, można orzec, że kluczowa dla porównania tych dwóch pojęć percepcji jest decyzja, czym jest reprezentacja w modelu neuronalnym. Przyjmując rozumienie reprezentacji jako samej aktywności, dochodzimy do wniosku, że FIT i model SK posługują się diametralnie różnymi pojęciami przedmiotu percepcji. Jeśli uznamy jednak, że reprezentacja jest aktywnością wraz z realizującą ją strukturą, to okaże się, że różnice są mniejsze. Zarówno z psychologiczną FIT, jak i neuronalnym modelem SK spójne jest pojęcie, które pod pewnymi względami przypomina pojęcie przedmiotu znane z koncepcji substratowych. Trzeba jednak zaznaczyć, że pojęcie przedmiotu percepcji jest odmienne od tych, które proponuje klasyczna koncepcja nagięgo substratu.

BIBLIOGRAFIA

- Allaire E. B. (1963), *Bare Particulars*, „Philosophical Studies”, Vol. 14 No. 1/2, s. 1-8.
- Chan L. K. H., Hayward W. G. (2009), *Feature Integration Theory Revisited: Dissociating Feature Detection and Attentional Guidance in Visual Search*, „Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance”, Vol. 35, No. 1, s. 119-132.
- Churchland P. (1986), *Neurophilosophy*, Cambridge, MIT Press.
- Cleve J. van (1985), *Three Versions of the Bundle Theory*, „Philosophical Studies”, Vol. 47 No. 1, s. 95-107.
- Engel A. K., Roelfsema R. R., Fries P., Brecht M., Singer W. (1997), *Role of Temporal Domain for Response Selection and Perceptual Binding*, „Cerebral Cortex”, Vol. 7 (6), s. 571-582.
- Egan F., Matthews J. R. (2006), *Doing Cognitive Neuroscience: A Third Way*, „Synthese”, Vol. 153 No. 3, s. 377-391.
- Grey Ch. M. (1999), *The Temporal Correlation Hypothesis of Visual Feature Integration: Still Alive and Well*, „Neuron”, Vol. 24 (1), s. 31-47.
- Grossenberger S., Somers D. (1991), *Synchronized Oscillations During Cooperative Feature Linking in a Cortical Model of Visual Perception*, „Neural Networks”, Vol. 4 No. 4, s. 453-466.
- Gutman S. E., Gilroy L. A., Blake R. (2007), *Spatial Grouping in Human Vision: Temporal Structure Trumps Temporal Synchrony*, „Vision Research”, Vol. 47 (2), s. 219-230.
- Horgan T., Tienson J. (1994), *A Nonclassical Framework for Cognitive Science*, „Synthese”, Vol. 101 No. 3, s. 305-345.
- Hummel J. E., Biederman I. (1992), *Dynamic Binding in a Neural Network of Shape Recognition*, „Psychological Review”, Vol. 99 No. 3, s. 480-517.
- Loux M. (1978), *Substance and Attribute*, Dordrecht, D. Reidel Publishing Company.
- Lowe E. J. (2006), *The Four-Category Metaphysics*, New York, Oxford University Press.
- Malsburg Ch. von der (1986), *A Neural Cocktail Party Processor*, „Biological Cybernetics”, Vol. 54 (1), s. 29-40.

- Malsburg Ch. von der (1995), *Binding in Models of Perception and Brain Function*, „Current Opinion in Neurobiology”, Vol. 5 (4), s. 520-526.
- Martin C. B. (1980), *Substance Substantiated*, „Australasian Journal of Philosophy”, Vol. 58 (1), s. 3-10.
- Marr D. (1982), *Vision. A Computational Investigation into the Human Representation and Processing of Visual Information*, New York, W. H. Freeman and Company.
- Maurin A.-S. (2002), *If Tropes*, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- Niebur E., Koch Ch., Rosin Ch. (1993), *An Oscillation-Based Model for the Neural Basis of Attention*, „Vision Research”, Vol. 33, No. 18, s. 2789-2802.
- Palanca B. J. A., De Angelis G. C. (2005), *Does Neural Synchrony Underline Feature Grouping?*, *Neuron*, Vol. 46 (2), s. 333-346.
- Quinlan P. T. (2003), *Visual Feature Integration Theory: Past, Present, Future*, „Psychological Bulletin”, Vol. 125 (5), s. 1-50.
- Schillen T. B., Konig P. (1994), *Binding by Temporal Structure in Multiple Feature Domains of an Oscillatory Network*, „Biological Cybernetics”, Vol. 70, s. 397-405.
- Thagard P. (2005), *Mind. Introduction to Cognitive Sciences*, Cambridge, Massachusetts, MIT Press.
- Tallon-Baudry C., Oliver B., Delpuech C., Pernier J. (1997), *Oscillatory in Delta-Band (30-70Hz) Activity Induced by a Visual Search Task in Human*, „The Journal of Neuroscience”, Vol. 17 (2), s. 722-731.
- Treisman A. (1982), *Perceptual Grouping and Attention in Visual Search for Features and for Objects*, „Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance”, Vol. 8 No. 2, s. 194-214.
- Treisman A. (1996), *The Binding Problem*, „Current opinion in Neurobiology”, Vol. 6 (2), s. 171-178.
- Treisman A. (1998), *Feature Binding, Attention and Object Perception*, „Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences”, Vol. 353 No. 1373, s. 1295-1306.
- Treisman A. (1999), *Solutions to the Binding Problem: Progress through Controversy and Convergence*, „Neuron”, Vol. 24 (1), s. 105-110.
- Treisman A., Gelade G. (1980), *A Feature Integration Theory of Attention*, „Cognitive Psychology”, Vol. 12 (1), s. 97-136.
- Treisman A., Gormican S. (1988), *Feature Analysis in Early Vision: Evidence from Search Asymmetries*, „Psychological Review”, Vol. 93 No. 1, s. 15-48.
- Treisman A., Sato S. (1990), *Conjunction Search Revisited*, „Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance”, Vol. 16 No. 3, s. 459-478.
- Wolfe J. M. (2003), *Moving towards Solution to some Enduring Controversies in Visual Search*, „TRENDS in Cognitive Sciences”, Vol. 7 No. 2, s. 70-76.