

JAK LUDZIE OGLĄDAJĄ OBRAZY? PERSPEKTYWA NEURONAUKI POZNAWCZEJ

Oglądanie dzieł sztuki, a w szczególności obrazów, stanowi wielką przyjemność dla wielu ludzi. Niejednokrotnie spędzają oni długie godziny w muzeum. Wolnym krokiem pokonują piętra i sale wystawowe galerii, co pewien czas zatrzymując się na chwilę przed kolejnymi obrazami. Niektórym z nich poświęcają więcej czasu i uwagi, innym mniej. Co sprawia, że jedne obrazy budzą w nich większe zainteresowanie niż inne? Cemu się tak uważnie przyglądają? Na co patrzą i co widzą na tych połyskujących olejem płótnach?

Tradycyjne odpowiedzi na te pytania odwołują się do kategorii piękna lub do innej wartości artystycznej dzieła, która daje mu prawo do wystawienia w przestrzeni muzealnej. Czy oglądający je ludzie dostrzegają jednak właśnie te wartości, które stały się podstawą ich obecności na muzealnej ścianie? Prawdopodobnie zależy to od wielu różnic indywidualnych w zakresie wykształcenia, wrażliwości estetycznej lub specyficznych zainteresowań. Niezależnie jednak od tego, wszystkich gości muzeum łączy jedno: są biologicznymi organizmami, zdolnymi do widzenia i przetwarzania danych wzrokowych za pomocą wyspecjalizowanych w tym celu narządów, takich jak oczy i mózg. Co więcej, owa neurobiologiczna konstrukcja, która leży u podstaw percepcji wizualnej nie jest tylko własnością miłośników sztuki, ale również jej twórców. Obraz można bowiem porównać do ekranu, na który artysta rzutuje stan swojego umysłu za pomocą farb, zaś odbiorca, ogląda to dzieło, próbując odczytać jego sens. Artysta projektuje na płótno to, co widzi wokół siebie i jak to widzi oraz widzi to, co projektuje. Z kolei odbiorca za pomocą swojego aparatu wzrokowego ogląda to, co i jak widział i przetworzył artysta, a jednocześnie obydwaj podlegają tym samym prawom percepcji wizualnej. Podstawowym narzędziem biologicznym a zarazem umysłowym, które pozwala na tę wymianę oglądów jest zatem widzenie.

Widzenie można rozpatrywać z różnych perspektyw. Jedną z nich wyznacza współczesna neuronauka poznawcza (*cognitive neuroscience*)¹. Jej celem jest odkrywanie zależności zachodzących między strukturami biologicznymi (zwłaszcza mózgiem) a procesami poznawczymi człowieka. W badaniach prowadzonych na gruncie neuronauki poszukuje się odpowiedzi na pytanie, w jaki sposób mózg i współdziałające z nim narządy zmysłowe tworzą różne stany umysłu, również np. takie, jak zainteresowanie dziełem sztuki lub poczucie obcowania z pięknem. Nie chodzi tu jednak tylko o ustalenie prostej zależności między aktywnością takich czy innych części mózgu podczas doświadczania określonych stanów umysłu. W istocie chodzi o coś znacznie ważniejszego, o znalezienie odpowiedzi na pytanie, czym jest widzenie, rozumiane, jako subiektywne i holistyczne doświadczenie kontaktu człowieka z rzeczywistością wypełnioną światłem.

Nie ma wątpliwości co do tego, że widzenie nie jest tylko efektem przetwarzania danych zmysłowych za pomocą światłoczułych receptorów znajdujących się w naszych oczach i różnych struktur mózgowych, do których te dane docierają. Jest również wypadkową wielu procesów umysłowych, które są względnie niezależne od aktualnie docierających do nas danych sensorycznych. To wiedza, nastawienie, oczekiwania, czyli – mówiąc nieco ogólniej – przechowywane w pamięci wspomnienia minionych doświadczeń, projektują wspólnie z danymi sensorycznymi obrazy, odczuwane przez nas jako widzenie.

W psychologii percepcji wyraźnie rozróżnia się te dwie drogi widzenia. Pierwsza, zwana oddolną (*bottom-up*) oznacza zbiór procesów neurofizjologicznych, które są inicjowane w fotoreceptorach znajdujących się w siatkówce oka². Docierające do oka światło pobudza receptory wzrokowe i informacja o wielkości ich pobudzenia jest przekazywana nerwem wzrokowym w kierunku mózgu, a następnie dystrybuowana do różnych jego części. Druga droga, zwana odgórną (*top-down*) także oznacza pewien zbiór procesów neurofizjologicznych, ale ich inicjacja zachodzi w różnych częściach mózgu a nie w

¹ Jaśkowski, P. (2009). *Neuronauka poznawcza. Jak mózg tworzy umysł?* Warszawa: Vizja Press & IT.

² Wolfe, J. M., Butcher, S. J., Lee, C., Hyle, M. (2003). Changing your mind: On the contributions of top-down and bottom-up guidance in visual search for feature singletons. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 29(2), 483–502.

receptorach. Efekty działania tych skomplikowanych procesów są przez nas doświadczane, jako myślenie, wyobrażanie sobie, przypominanie, odczuwanie emocjonalne itd. W zdecydowanej większości przypadków nasze akty widzenia są wynikiem swego rodzaju negocjacji pomiędzy danymi, które pochodzą z receptorów wzrokowych, a ogólnymi oczekiwaniami dotyczącymi tego, jak w danej chwili sądzimy, że wygląda świat. Bywa i tak, że jedna z tych dróg zaczyna dominować. Z jednej strony, nieznane, nagłe lub niezrozumiałe bodźce wzrokowe domagają się dokładniejszej analizy. Wtedy efekty widzenia są w większym stopniu podporządkowane danym oddolnym niż ogólnym. Z drugiej strony, silne nastawienie, przekonanie lub rutyna mogą zaprowadzić nas na manowce i wtedy nie dostrzegamy w scenie wizualnej tego, co w istocie tam jest, a widzimy to, co chcemy zobaczyć.

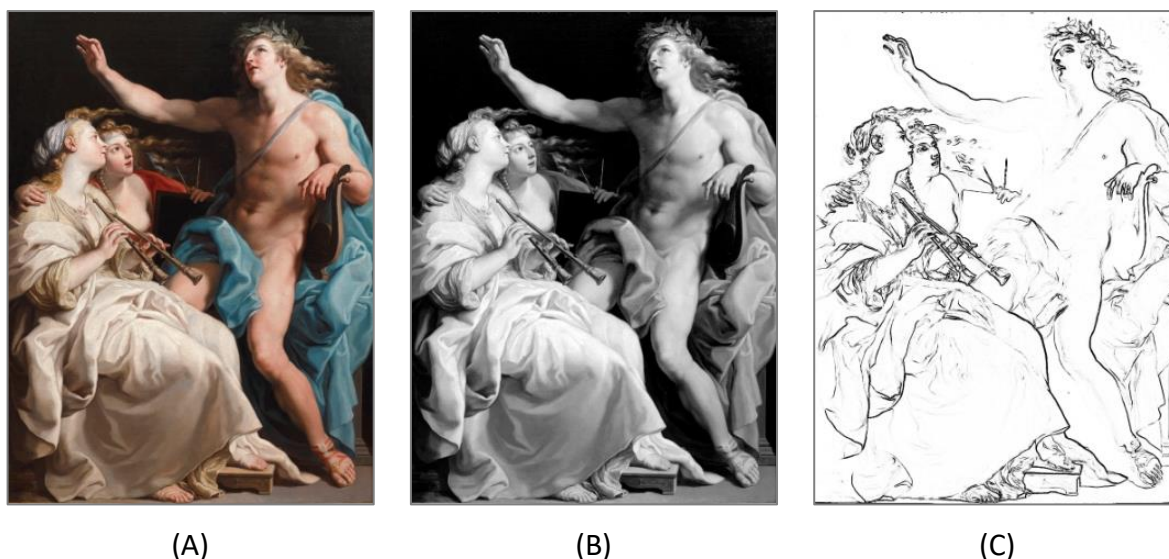
Widzenie w służbie rozpoznawania figur na podstawie kształtów

Jaką więc rolę odgrywa widzenie w naszym życiu? Jest raczej mało prawdopodobne, że w ciągu milionów lat ewolucji osiągnęliśmy tak wysoki poziom rozwoju struktur biologicznych odpowiedzialnych za widzenie, żebyśmy mogli podziwiać obrazy w muzeum. Wszystko wskazuje na to, że jest to raczej sprawa wtórna. Widzenie, podobnie, jak każdy inny biologiczny system sensoryczny jest nam przede wszystkim potrzebny do przeżycia. Wyobraźmy sobie człowieka, który nie widzi, nie słyszy, nie odczuwa dotyku, temperatury i bólu, nie czuje zapachów i jest pozbawiony smaku. Jeśli dodamy do tej listy niedziałające receptory znajdujące się na narządach wewnętrznych (mięśniach, żołądku, wątrobie czy sercu) to naprawdę trudno sobie wyobrazić życie takiego człowieka. Czasem nie działa jeden lub kilka systemów sensorycznych, ale jeśli aktywne są jeszcze inne i to dzięki nim życie nadal jest możliwe, choć pozbawione pewnego zakresu doświadczeń. Do najważniejszych zadań systemu wzrokowego należy orientacja w przestrzeni i rozpoznawanie otaczających przedmiotów oraz kontrola motoryki ciała, dzięki której możliwe jest poruszanie się przez nas w tej przestrzeni.

Kiedy oglądamy obraz w galerii, system wzrokowy stale realizuje obie te funkcje. Gałki oczne poruszają się w różnych kierunkach, skanując części obrazu w celu rozpoznania znajdujących się na nim obiektów. Czasem zbliżamy się lub oddalmy od dzieła, żeby lepiej je zobaczyć. Pamiętamy przy tym o dozwolonej, najmniejszej odległości od obrazu, która nie wzbudzi

alarmu oraz o innych turystach, na których nie zamierzamy wpaść. Dzisiaj już wiemy, że za realizację tych dwóch podstawowych funkcji systemu wzrokowego odpowiedzialne są dwa względnie niezależnie działające szlaki neuronalne w mózgu³. Zatrzymajmy się nad pierwszą z tych funkcji, czyli na procesie rozpoznawania przedmiotów przedstawionych na obrazie.

Rozpoznawanie rzeczy oznacza mniej więcej tyle, że na podstawie oglądu sceny wizualnej możemy sformułować sąd w postaci: „to jest człowiek”, „to jest pies”, „to jest panorama Wiednia”, a to jest „Jan II Sobieski z żoną i dziećmi” itd. W sądach o przedmiotach zawarta jest informacja o kształcie lub kształtach figur wyodrębnionych z tła. Bez przesady można powiedzieć, że kształty przedmiotów znajdujących się polu naszego widzenia są najważniejszą informacją, jaką osiągamy za pomocą wzroku. Kształty wskazują na figury. To co rozpoznajemy w dowolnej scenie wizualnej, to wyodrębnione z tła figury o określonych kształtach, zamkniętych liniami konturów. Realizując funkcję rozpoznawania obiektów, oczy przede wszystkim są nastawione na poszukiwanie krawędzi obiektów.



Rycina 1. Pompeo Girolamo Batoni, *Apollo i dwie Muzy* (Muzeum Pałac w Wilanowie) w trzech wersjach: (A) w pełnej gamie kolorów, (B) monochromatycznej i (C) w postaci konturów postaci, ustalonych na podstawie kontrastów ich oświetlenia

³ Milner, D. A., Goodale M. A. (2008). *Mózg wzrokowy w działaniu*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.

Na rycinie 1 znajdują się trzy wersje tego samego obrazu *Apollo i dwie Muzy* Batoniego z kolekcji wilanowskiej. Patrząc na rycinę 1A nie mamy oczywiście problemu z wyodrębnieniem na niej trzech postaci. Nawet, gdybyśmy z jakiś powodów nie wiedzieli kolorów, to i tak postaci na obrazie byłyby znakomicie rozróżnialne (ryc. 1B). Kim są jednak te osoby? I co przedstawia ten obraz? Dla historyka sztuki to „Apollo ukazany jako symbol idealnej boskiej muzyki – harmonii sfer niebieskich, a wpatrzone weń muzy – Eutrepie i Urania – uosabiają Muzykę i Astronomię”⁴. A jeśli ktoś nie ma takiej wiedzy? Wówczas pozostaje zinterpretowanie tej sceny „po swojemu”, na bazie od danych, których dostarczają oczy. A te, jak to już zostało zasygnalizowane, organicznie są nastawione na poszukiwanie konturów w celu wyodrębnienia figur w scenie wizualnej.

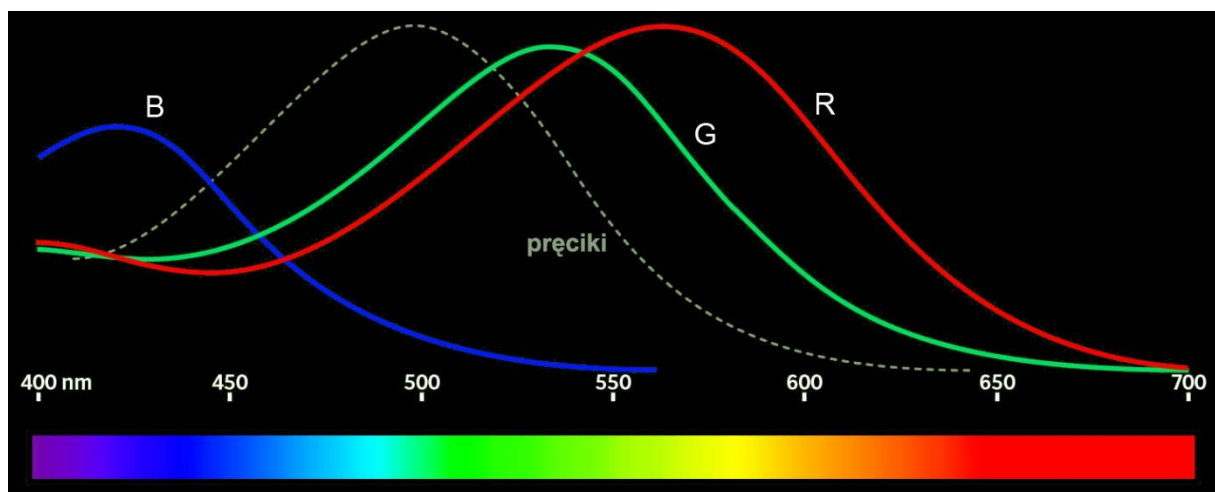
Na rycinie 1C zaznaczono tylko kontury postaci przedstawionych na obrazie 1A. Powstały one w wyniku analizy intensywności ich oświetlenia. Niektóre kontury, np. górna część prawego ramienia mężczyzny, wewnętrzny obrys jego lewej nogi i twarze wszystkich postaci są zaznaczone wyraźnie ciemniejszą linią, co jest wskaźnikiem silnego kontrastu oświetlenia. Inne linie są mniej wyraźne, a jeszcze innych obrysów ciała wcale nie widać, np. podramienia prawej ręki młodzieńca. Rycina 1C jest modelem tych danych wzrokowych, które pozwalają obserwatorowi na wyodrębnienie kształtów widzianych postaci tylko na podstawie kontrastów w zakresie jasności płaszczyzn, leżących obok siebie. Nie są to oczywiście jedyne oddolne dane, które pozwalają na wyodrębnienie figur w obrazie, ale bez wątpienia jedne z najważniejszych. W każdym razie na podstawie tych konturów można bez trudu odkryć, iż obraz przedstawia młodego, roznegliżowanego mężczyznę w towarzystwie równie, przewiewnie odzianych dziewcząt, zaś „zatrzymane w kadrze” zachowanie całej trójki jest, co najmniej dwuznaczne. Czy to jest Apollo z muzami, czy nie, jest kwestią wyższego wykształcenia.

Identyfikowaniem konturów figur w scenie wizualnej na podstawie kontrastów oświetlenia zajmuje się około 130 milionów receptorów (tzw. pręcików i czopków), umieszczonych w siatkówce każdego oka. Pręciki, których jest ponad 20 razy więcej niż czopków, zasadniczo służą do różnicowania jasności światła w słabych warunkach oświetleniowych. Są one

⁴ Gutowska-Dudek, K. (2005), *Apollo i dwie Muzy*. W: J. Mieleszko (red.), *Kolekcja wilanowska* (s. 271). Warszawa: Muzeum Pałac w Wilanowie.

pozostałością po naszych przodkach, którzy, podobnie jak większość drapieżników, polowali w nocy. Najsilniej reagują one na światło o długości ok. 450-500 nanometrów, co odpowiada widzialnemu światłu w kolorze niebieskim (zob. ryc. 2). Z kolei czopki pozwalają nam widzieć świat w barwach, ale tylko w warunkach dobrego oświetlenia, czyli np. w dzień.

Czopki dzielą się na trzy rodzaje, których literowe nazwy pochodzą od angielskich słów: [R]ed, [G]reen i [B]lue i oznaczają długości fal światła widzialnego, na które najsilniej reagują. Kiedy jednak przyjrzymy się poszczególnym krzywym przedstawionym na rycinie 2, to okaże się, że każda grupa fotoreceptorów w większym lub mniejszym stopniu reaguje na niemal wszystkie długości fali świetlnej w zakresie od 400-700nm. Zanim dokładniej zajmiemy się widzeniem barwnym i zróżnicowaniem w oświetleniu widzianych postaci, które pozwalają obserwatorowi wyodrębniać poszczególne figury w scenie wizualnej, warto zatrzymać się na moment nad zagadnieniem dokładności widzenia konturów, czyli rozdzielczości obrazu.

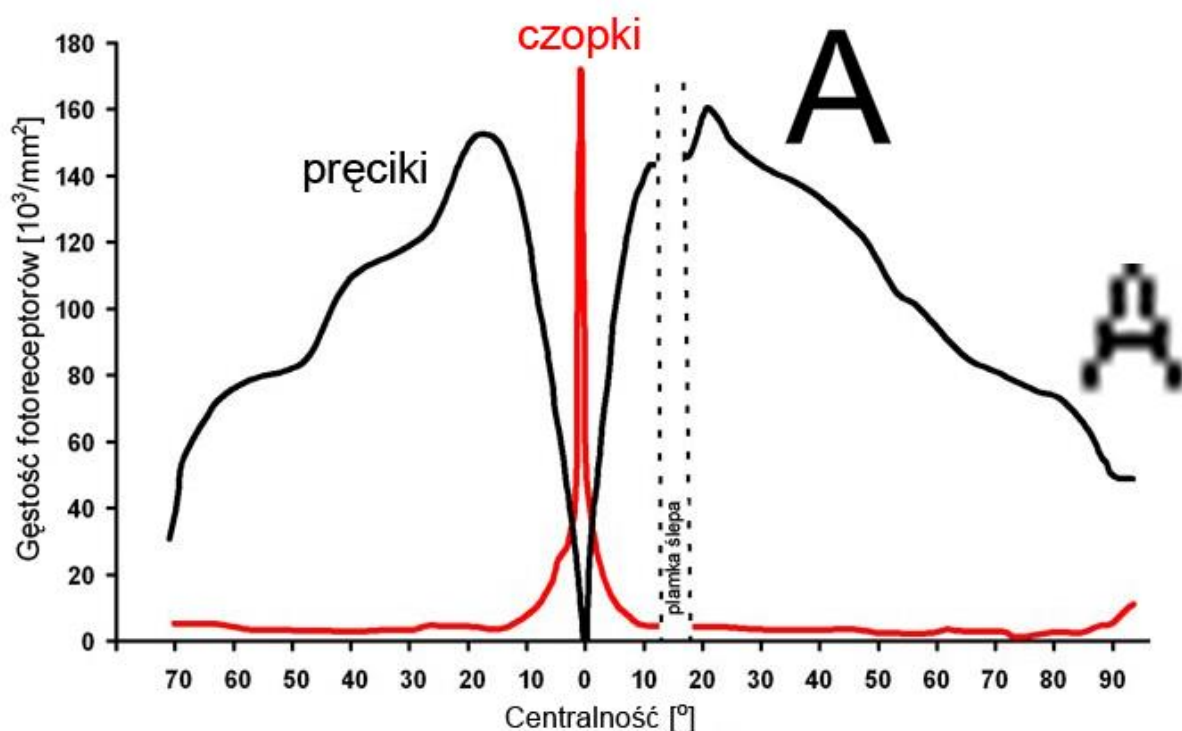


Rycina 2. Zależności między długością fali światła widzialnego a reakcją czterech grup fotoreceptorów: pręcików (linia przerywana), oraz trzech typów czopków: R (linia czerwona), G (linia zielona) i B (linia niebieska)

Dokładność widzenia jako środek wyrazu artystycznego

Fotoreceptory są nierównomiernie rozłożone na wewnętrznej części gałki ocznej. Najwięcej, około 180 tysięcy czopków na 1 mm², znajduje się dokładnie naprzeciw soczewki oka w miejscu, które nazywamy dołkiem centralnym. W tym obszarze nie ma w ogóle pręcików. Im

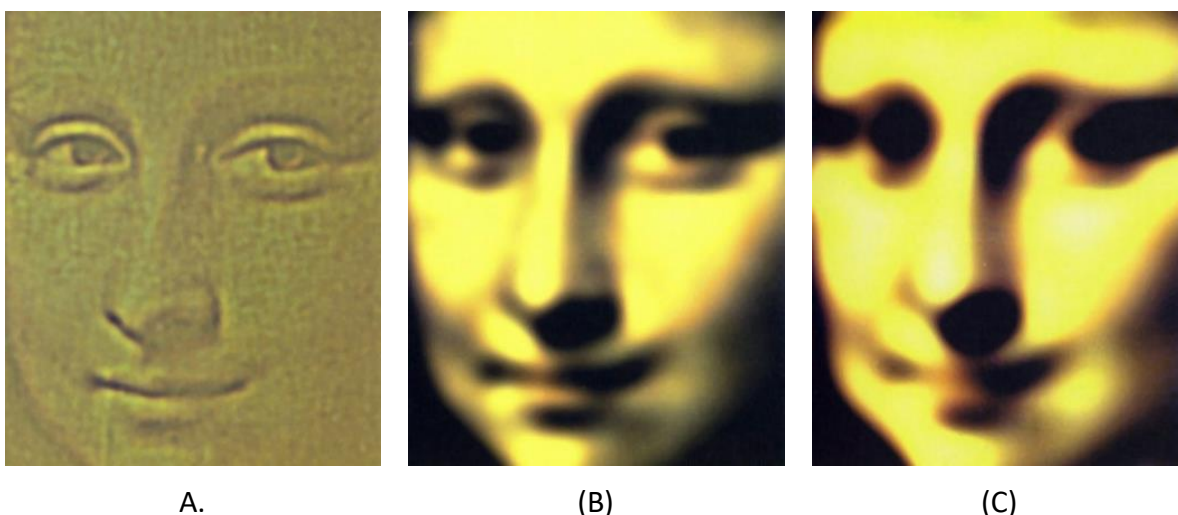
dalej od tego miejsca, tym mniej czopków a więcej pręcików znajduje się w 1 mm² siatkówki. Tuż poza dołkiem centralnym liczba pręcików wynosi ok. 150 tysięcy na 1 mm² i zmniejsza się aż do około 30-40 tysięcy na krawędziach siatkówki (zob. ryc. 3). Mówiąc innymi słowy, im bliżej centrum siatkówki, tym większa jest rozdzielczość obrazu, a więc również i dokładność w odtworzeniu konturu figury (zob. litera A z prawej strony ryciny 3). Chcąc zwiększyć ostrość widzenia krawędzi w danym fragmencie obrazu kierujemy nań oczy w taki sposób, aby światło, które odbija się od tego fragmentu wpadało jak najbliżej centralnej części siatkówki.



Rycina 3. Gęstość fotoreceptorów (czopków i pręcików) na powierzchni siatkówki oka i dwa przykłady dokładności widzenia konturów obiektu: widzenie centralne (górne A) i widzenie peryferyczne (dolne A)

Zróznicowana rozdzielczość kodowania konturu obrazu ma bardzo interesujące konsekwencje, również dla odbioru sztuki. Neurobiolog, Margaret Livingstone zainteresowała się tajemnicą uśmiechu *Mona Lizy* Leonarda da Vinci. Idąc za radą Ernsta

Gombricha⁵, który sugeruje, aby obraz oglądać bez żadnych nastawień, przerzucając po prostu wzrok z jednej jego części na inną, spoglądała raz na twarz *Mona Lizy* a następnie na inny fragment obrazu. Dostrzegła wówczas, że kiedy kierowała wzrok na bardziej lub mniej oddalone od twarzy części obrazu, wówczas wyraźnie zmieniał się wyraz twarzy *Mona Lizy* rejestrowany peryferycznie. Za pomocą programu Adobe Photoshop, Livingstone rozmywała (*Gaussian blur*), a następnie podnosiła kontrast przetworzonego zdjęcia twarzy *Mona Lizy*, symulując w ten sposób utratę rozdzielczości, charakterystyczną dla widzenia peryferycznego (zob. ryc. 4). I rzeczywiście okazało się, że im mniej wyraźna jest twarz *Mona Lizy*, tym pogodniejszy jest jej uśmiech. Wyniki swoich obserwacji Livingstone opublikowała w *Science*, wzbudzając duże zainteresowanie tym odkryciem⁶. Nie jest to zresztą jedyna tajemnica niezwykłości umiłowanego „dziecka” Leonarda, do którego powrócę jeszcze nieco później.



Rycina 4. Przefiltrowane cyfrowo zdjęcie twarzy *Mona Lizy* Leonarda da Vinci za pomocą rozmycia gaussowskiego, z zachowaniem wysokiego, średniego i niskiego poziomu szczegółów. (A) Obraz rejestrowany w centrum siatkówki, (B) obraz rejestrowany między centrum a peryferium siatkówki i (C) obraz rejestrowany peryferycznie

Eksperymenty wizualne, w których artyści manipulują rozdzielczością obrazów, bynajmniej nie są rzadkością. Niech jako przykłady posłużą trzy dzieła wywodzące się z całkowicie

⁵ Gombrich, E. (2008). *O sztuce*. Warszawa: Rebis.

⁶ Livingstone, M. (2000). Is it warm? Is it real? Or just low spatial frequency? *Science*, 290(5495):1299b.

różnych tradycji malarskich: impresjonizmu, flamandzkiego malarstwa wczesnorenesansowego i surrealizmu.



(A)



(B)

Rycina 5. Dwa obrazy ilustrujące przeciwne koncepcje wykorzystania tych własności budowy oka, które są odpowiedzialne za rozdzielczość widzenia. (A) Camille Pissarro, *Bulwar Montmartre nocą*, 1897 (National Gallery, Londyn) i (B) Pieter Bruegel Starszy, *Droga krzyżowa*, 1564 (Kunsthistorisches Museum, Wiedeń)

Obraz Pissarra (ryc. 5A) jest przykładem malarstwa impresjonistycznego z typowym brakiem dbałości o kształty przedstawianych obiektów, ostro znaczonymi błyskami światła i grubo kładzioną farbą. Próba obejrzenia tego dzieła z bliska, w poszukiwaniu jakiegokolwiek sensownego przedmiotu z pewnością się nie powiedzie (zob. ryc. 6). Paradoksalnie, obraz wyłania się ze wszystkimi szczegółami tym wyraźniej im bardziej oddalamy się od niego. Oglądanie go z większej odległości bynajmniej nie poprawia ostrości widzenia szczegółów pojedynczych przedmiotów. Przeciwnie, dystans pozwala jedynie dostrzec ogólny porządek rzeczy wyznaczony przez perspektywę ulicy i kamienic, charakterystyczny rząd zapalonych latarni, podwójne światła ciągu samochodów i rozświetlone okna wystawowe. Ale właśnie dostrzeżenie tego porządku stanowi podstawę nie tyle zobaczenia, ile przypomnienia sobie szczegółów podobnych obrazów, przedstawiających ulicę nocą.

Przyjrzyjmy się dokładniej fragmentowi tego obrazu. Kształt żadnego z obiektów znajdujących się na rycinie 6A nie jest podobny do kształtu człowieka, a jednak w kontekście całego obrazu raczej nie mamy wątpliwości, że przedstawia on tłum przechodniów

mijających rozświetlone nocą okna wystawowe. Do właściwej interpretacji tej sceny konieczne jest zatem nie tylko to, aby jak największa część obrazu była analizowana przez fotoreceptory znajdujące się w pobliżu środka siatkówki, czyli z maksymalną rozdzielczością (dzięki czemu możemy w całości odtworzyć jego kompozycję), ale również doświadczenie oglądania podobnych scen w przeszłości. Jest to znakomity przykład doświadczenia widzenia, będącego wypadkową dwóch strumieni danych. Jedne są wytworem percepcyjnych procesów oddolnych, które definiują ogólną kompozycję sceny, drugie – wytworem procesów odgórnych, które są odpowiedzialne za projekcję osobistych wspomnień wizualnych obserwatora na niejednoznaczną płaszczyznę obrazu.



(A)



(B)

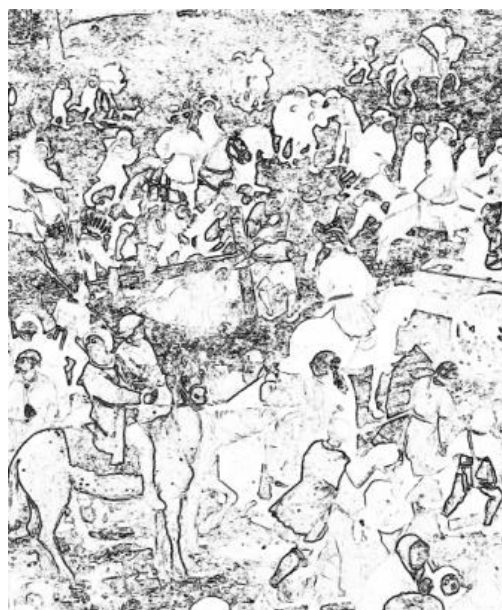
Rycina 6. (A) Lewy, dolny fragment obrazu Camille Pissarro, *Bulwar Montmartre nocą* i (B) kontury obiektów przedstawionych w tym fragmencie

Odwrotną stroną *Bulwaru Montmartre nocą* Pissarra jest obraz Petera Bruegela Starszego, *Droga krzyżowa* (ryc. 5B). Malarz namalował na nim ponad 500 postaci ludzkich i bez mała setkę różnych zwierząt i przedmiotów. Tym razem, na podstawie kompozycji dzieła nie domyślimy się nawet dziesiątej części tego, co Bruegel zamierzał przekazać za jego pomocą. Wystarczy tylko przyrzeć się kilku fragmentom tego obrazu, żeby zrozumieć ile jest w nim zawartych opowiadań, anegdot i symboli. Każdy z tych fragmentów z powodzeniem mógłby stanowić odrębne dzieło malarskie. W każdym z nich obowiązują te same prawa percepcji wizualnej, które pozwalają zidentyfikować kontury figur umieszczonych w dowolnej scenie

wizualnej (zob. ryc. 7A i B). Jedynym warunkiem ich dostrzeżenia jest zbliżenie się do nich i ograniczenie pola widzenia tylko do poszczególnych wycinków obrazu.



(A)



(B)

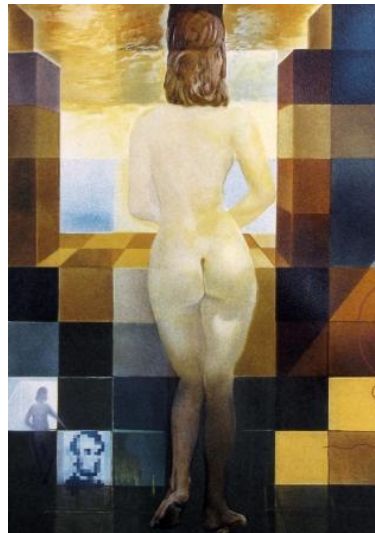
Rycina 7. (A) Centralny fragmenty obrazu Pietera Bruegela Starszego, *Droga krzyżowa* i (B) kontury obiektów przedstawionych w tym fragmencie

Porównując kontury obiektów namalowanych przez Pissarra i Bruegela (ryc. 6B vs. 7B) natychmiast dostrzegamy różnicę w koncepcji malarskiego przedstawiania sceny wizualnej. Projekcyjnym, niemal przypadkowym plamom Pissarra odpowiadają łatwo rozpoznawalne kształty koni, ludzi i przedmiotów na obrazie Bruegela. Obaj malarze w odmienny sposób używają rozdzielczości wzroku obserwatorów, do podziwiania kunsztu ich własnej wizji oglądanej sceny. Oba obrazy na swój sposób zachwycają, żeby nie powiedzieć wprost – są piękne. Czy nie dlatego, że mają w sobie coś wizualnie bezkompromisowego?

W kontekście obu zaprezentowanych dzieł Pissarra i Bruegla, warto zwrócić uwagę na iluzoryczny portret Lincolna, z wtopionymi weń m.in. sylwetką Gali wyglądającej przez okno i motywu ukrzyżowanego Chrystusa, przedstawionego z perspektywy nieba, autorstwa Salvadora Dali (zob. ryc. 8A). To znakomite dzieło, w jednej z jego licznych wersji, łączy w sobie obie koncepcje korzystania z różnych zakresów rozdzielczości widzenia.



(A)



(B)



(C)

Rycina 8. Salvador Dali, *Portret Abrahama Lincolna*, 1977 (Figueres Teatro Museo Dali) (A) Obraz w całości, (B) środkowy fragment przedstawiający Galę wyglądającą przez okno i (C) obraz w całości widziany z niską rozdzielczością (peryferyczne lub z dużej odległości)

Z charakterystyczną dla siebie błyskotliwością, Dali oferuje odbiorcy, co najmniej dwa obrazy w jednym, w zależności od tego, z jakiego dystansu jest on oglądany. Analizowany z bliska pozwala na dostrzeżenie wielu postaci namalowanych z dużą pieczołowitością, a także ich cieni lub schematów. Kontury tych postaci wyodrębniają się łatwo, jak na obrazie Bruegla (zob. ryc. 7B), choć, jak to u Dalego, nie zawsze wiemy dokładnie, co i dlaczego je łączy. Jeżeli jednak obraz jest oglądany z dużego dystansu (podobnie, jak obraz Pissarra) lub peryferycznie (jak Mona Liza), wówczas oczom obserwatora ukazuje się charakterystyczny zarys popiersia Abrahama Lincolna (zob. ryc. 8C). Pogorszenie ostrości widzenia (osiągalne także za pomocą zmrużenia oczu) pozwala dostrzec nowy porządek rzeczy zakodowany w obrazie i nanieść nań szczegóły zawarte we wspomnieniu, np. widzianego niegdyś zdjęcia prezydenta. Nawiasem mówiąc łatwo jest przewidzieć, że dla kogoś, kto nigdy nie widział żadnego wizerunku Lincolna, postać jak wyłania się na obrazie Dalego może mu się bardziej kojarzyć z jakąkolwiek osobą, której podobny wizerunek nosi w swojej pamięci.

Czy kolor może pomóc w rozpoznawaniu kształtów figur?

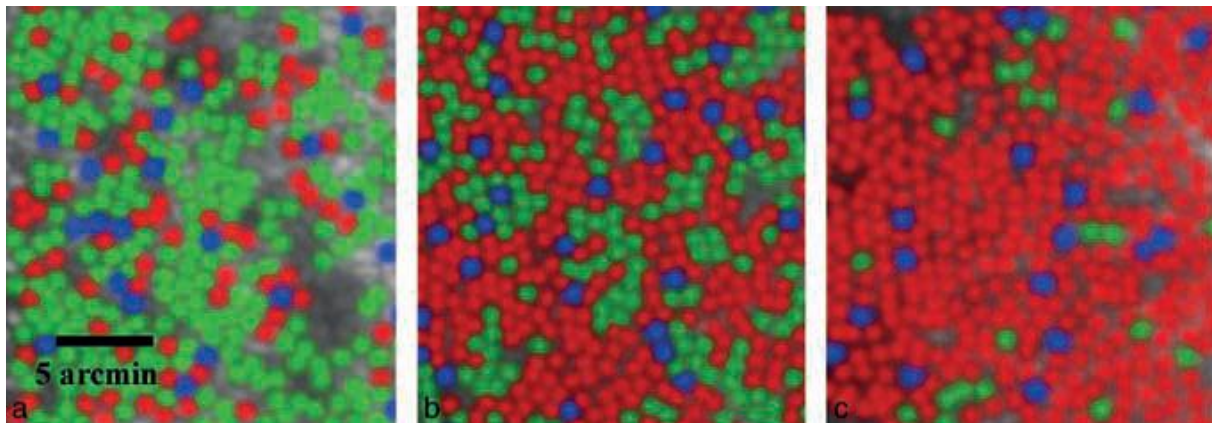
Do tej pory wiele uwagi poświęciliśmy na omówienie procesów wyodrębniania się konturów figur w scenie wizualnej na podstawie kontrastów ich oświetlenia oraz na temat ostrości, z jaką mogą one być analizowane ze względu na zagęszczenie fotoreceptorów w siatkówce oka. Jak widać, w sztuce wizualnej zarówno ostrość, jak nieostrość widzenia konturów oglądanych przedmiotów może być równie ważnym środkiem ekspresji artystycznej. Czy kształt rzeczy jest jednak dostępny obserwatorowi tylko za pomocą wysokorozdzielczego kontrastu oświetlenia obiektów w scenie wizualnej. Otóż nie. W tym procesie ważną rolę odgrywa także kolor.

Na rycinie 3 przedstawiony został rozkład gęstości pręcików i czopków na siatkówce.

Pręcików jest co prawda znacznie więcej niż czopków, ale z kolei zagęszczenie czopków na 1 mm^2 w centralnej części siatkówki jest większe niż zagęszczenie pręcików, w którejkolwiek części siatkówki. W wielu publikacjach dotyczących fizjologii widzenia można spotkać się z poglądem, że pręciki służą do różnicowania wielkości oświetlenia, a czopki do różnicowania barw. Okazuje się jednak, że siła reakcji wszystkich typów fotoreceptorów wzrasta wraz ze wzrostem oświetlenia, przy czym pręciki potrzebują go tylko nieco mniej do zareagowania niż czopki. To jednak, co zasadniczo różni oba rodzaje fotoreceptorów to jest „zdolność” do reagowania na fale świetlne o różnej długości.

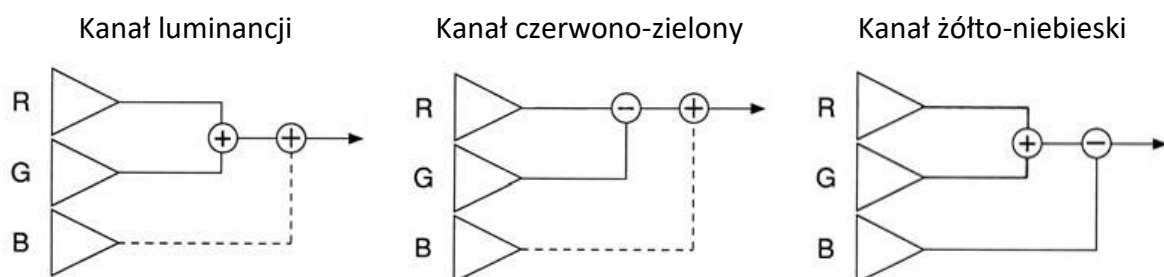
Pręciki, podobnie, jak czopki typu B (niebieskie) są wrażliwe przede wszystkim na krótsze fale światła widzialnego, odpowiadające niebieskiej barwie. Pozostałe dwa typy czopków, R i G, reagują na dłuższe fale światła widzialnego, skojarzone z barwą czerwoną i zieloną. W sumie, trzy typy czopków obsługują całe spektrum światła widzialnego, choć ich ilościowa reprezentacja w siatkówce oka jest bardzo zróżnicowana i zindywidualizowana. Proporcje częstości występowania czopków typu R:G:B, w tej samej części dołka centralnego u różnych ludzi mogą być całkiem odmienne i wynosić, np. 2:7:1, 1:9:1 lub 16:5:1 (zob. ryc. 9)⁷.

⁷ Hofer, H., Carroll, J., Neitz, J., Williams, D. R. (2005) Organization of the human trichromatic cone mosaic. *Journal of Neuroscience*, 25(42), 9669–9679.



Rycina 9. Wybarwione zdjęcia tego samego fragmentu dołka centralnego u trzech różnych osób. Kolory odpowiadają czopkom typu R (czerwone), G (zielone) i B (niebieskie)

Jak to się więc dzieje, że widzimy tak wiele różnych kolorów, a nie tylko czerwony, zielony i niebieski? Proces widzenia barw, ich odcieni, nasycenia i jasności jest wieloetapowy i choć zaczyna się w poszczególnych fotoreceptorach, to do mózgu docierają już znacznie przetworzone dane na temat wielkości ich pobudzenia. Wynika to stąd, że czopki i pręciki, są połączone ze sobą w siatkówce za pomocą różnych rodzajów komórek, m.in. dwubiegunowych, amakrynowych, horyzontalnych, a przede wszystkim zwojowych, które wymieniają między sobą dane dotyczące wielkości ich pobudzeń. Komórki zwojowe zbierają wszystkie te dane z poszczególnych pięter hierarchicznie ustrukturalizowanej siatkówki oka, a następnie za pomocą trzech mechanizmów sumują lub odejmują od siebie wielkości tych sygnałów i dopiero tak przetworzone dane odprowadzają do mózgu, do dalszej obróbki⁸. Działanie tych mechanizmów ilustruje diagram na rycinie 10.



Rycina 10. Trzy hipotetyczne mechanizmy przetwarzania wielkości sygnałów pochodzących z czopków R, G i B

⁸ Tovee, M. J. (2008). *An introduction to the visual system*. Cambridge University Press.

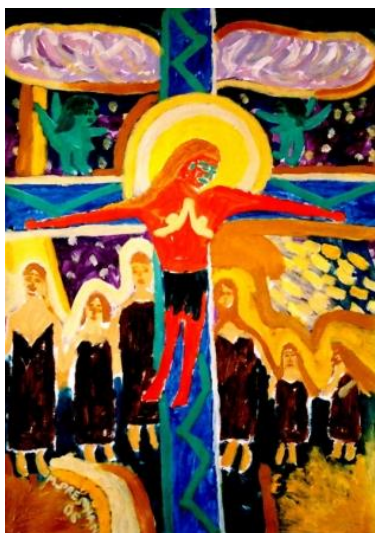
Pierwszy mechanizm sumuje wielkości pobudzeń wszystkich typów czopków, a na wyjściu z tego kanału przetwarzania danych pojawia się informacja o poziomie jasności obrazu (ryc. 10A). „Kanał luminancji” jest achromatyczny i pozwala na identyfikowanie krawędzi płaszczyzn o różnym stopniu oświetlenia. To dzięki niemu mózg otrzymuje dane o konturach potencjalnych przedmiotów znajdujących się na obrazie (mniej więcej w takiej formie, jak to zostało zilustrowane na rycinach: 1C, 6B i 7B).

Drugi mechanizm, zwany „kanałem czerwono-zielonym”, różnicuje wielkości pobudzeń czopków typu R (czerwonych) i G (zielonych), a do otrzymanej wartości dodaje wielkości pobudzeń czopków typu B (niebieskich) (ryc. 10B). Analogicznie, jak w odniesieniu do poprzedniego kanału, na jego wyjściu znajduje się informacja o krawędziach leżących na styku barwy czerwonej i zielonej w oglądanym obrazie.

Wreszcie trzeci mechanizm, zwany „kanałem żółto-niebieskim”, sumuje wielkości pobudzeń czopków typu R (czerwonych) i G (zielonych), co w rezultacie jest wskaźnikiem leżącej między nimi barwy żółtej i różnicuje tę daną z wielkością pobudzeń czopków typu B (niebieskich) (ryc. 10C). Na wyjściu z tego kanału powstaje informacja o krawędziach leżących na styku barwy żółtej i niebieskiej w oglądanym obrazie. Oczywiście system obliczania sygnału wyjściowego w każdym z wymienionych kanałów nie ogranicza się wyłącznie do prostego sumowania lub różnicowania wielkości sygnałów wejściowych, ale uwzględnia nierówną liczebność czopków każdego typu w siatkówce.

Podsumowując, system wzrokowy, który jest szczególnie zainteresowany rozpoznawaniem obiektów w oglądanych scenach wizualnych wykształcił w tym celu aż trzy mechanizmy, które generują uzupełniające się informacje o konturach oglądanych rzeczy. Warto w tym miejscu dodać, że dane o konturach są interpretowane w kategoriach kształtów (figur) dopiero na dalszych etapach przetwarzania wzrokowego, czyli w mózgu, po zebraniu informacji z wszystkich kanałów i dopasowaniu ich do posiadanych wzorców.

W celu prześledzenia działania każdego z tych mechanizmów przeanalizujemy kilka przykładów. Zaczniemy od szczególnie barwnego obrazu *Ukrzyżowania*, nieznanego mi autora (zob. ryc. 11).



Rycina 11. *Ukrzyżowanie* (autor nieznany)

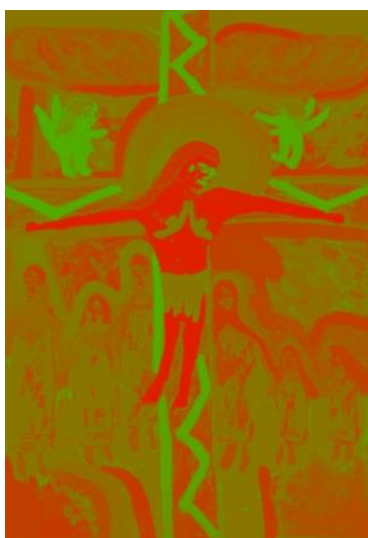
Na rycinie 12 przedstawiono wyniki symulacji przefiltrowania obrazu przez kanały: luminancji, czerwono-zielony i żółto-niebieski. Dla każdego kanału ustalono krawędzie między kontrastującymi ze sobą płaszczyznami obrazu. W odniesieniu do kanału luminancji są to krawędzie między płaszczyznami różniącymi się ze względu na jasność. Z kolei w odniesieniu do obu kanałów barwnych są to krawędzie między kontrastującymi ze sobą płaszczyznami ze względu na opozycyjne barwy: czerwoną i zieloną oraz żółtą i niebieską.

Zakładając że procesy filtrowania danych wizualnych przez wszystkie trzy kanały przebiegają równocześnie, można oczekiwać, że na wyjściu z siatkówki oka, do mózgu jest przekazywana informacja będąca sumą wszystkich tych danych. Na rycinie 13 przedstawiony jest właśnie taki zsumowany efekt nałożenia na siebie konturów obiektów namalowanych na obrazie. Jeżeli zatem podstawowym celem wczesnego etapu percepcji wzrokowej jest dostarczenie do mózgu informacji na temat najważniejszych kształtów (figur) znajdujących się w scenie wizualnej, to w przypadku przeanalizowanego obrazu mamy, jak się wydaje, sytuację bardzo klarowną.

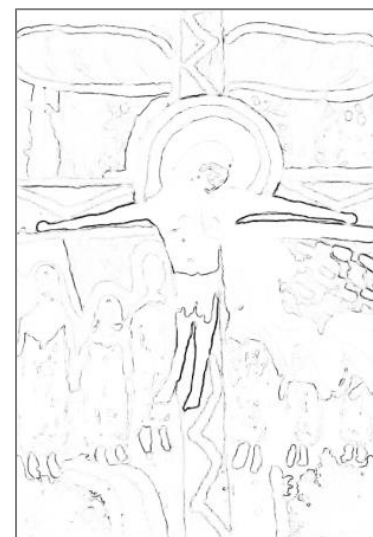
Kanał luminancji



Kanał czerwono-zielony



Kanał żółto-niebieski



Rycina 12. Obraz *Ukrzyżowanie* przefiltrowany przez trzy kanały: luminancji, czerwono-zielony i żółto-niebieski oraz krawędzie wyłonię na podstawie analizy kontrastów między opozycyjnymi płaszczyznami w każdym kanale



Ryc. 13. Efekt nałożenia na siebie konturów postaci

namalowanych na obrazie *Ukrzyżowania*, uzyskanych na wyjściu z trzech kanałów: luminancji, czerwono-zielonego i żółto-niebieskiego

Artystyczne zabawy z konturami

Czy tak wyrazistego efektu możemy oczekiwać w odniesieniu do każdego obrazu malarskiego? Bynajmniej. Przyjrzyjmy się raz jeszcze twarzy *Mona Lizy* namalowanej przez Leonarda da Vinci. Patrząc na kontury jej twarzy przefiltrowane przez kanały luminancji, czerwono-zielony i żółto-niebieski (zob. ryc. 14) od razu rzuca się w oczy zasadnicza różnica między nimi a konturami wiszącego na krzyżu Chrystusa i otaczających go postaci, które zostały przedstawione na rycinie 13. Przede wszystkim twarz *Mona Lizy* jest wykreślona za pomocą znacznie słabszych konturów, zwłaszcza w kanale luminancji oraz zawiera wiele zacienionych płaszczyzn o nieokreślonych kształtach. Być może część z nich powstała z licznych spękań farby, widocznych na obrazie. Ale nawet nałożenie na siebie wszystkich konturów twarzy *Mona Lizy* nie daje tak wyrazistego obrazu, jak w poprzednim przykładzie (por ryc. 13 i 15). Obrisy twarzy, oczu, ust i nosa wyłaniają się jakby z mgły. A kiedy przyglądamy się jej w tej wersji być może nawet stwierdzimy, że to nie jest znana twarz *Mona Lizy*. Jest jakaś inna. No właśnie, jaka ona jest naprawdę?



Rycina 14. Kontury twarzy *Mona Lizy* po przefiltrowaniu przez kanały luminancji, czerwono-zielony i żółto-niebieski



Rycina 15. Efekt nałożenia na siebie konturów twarzy *Mona Lizy*, uzyskanych na wyjściu z trzech kanałów: luminancji, czerwono-zielonego i żółto-niebieskiego

Oto kolejna zagadka związana z obrazem Leonarda. Tajemnica tkwi w stosowanej przez niego technice *sfumato*, polegającej na zacieraniu konturów malowanych obiektów (zwłaszcza kącików ust i oczu) co owocuje powstaniem obrazu o cechach wybitnie projekcyjnych. Brak wyrazistego konturu otwiera przez obserwatora ogromne możliwości interpretacyjne. Przyglądając się twarzy *Mona Lizy*, staje się on zakładnikiem własnej przeszłości i aktualnego nastroju emocjonalnego. Jej twarz domaga się od obserwatora zaczerpnięcia z zasobów własnej pamięci i domalowania szczegółów, podobnie jak w przypadku *Bulwaru Montmartre nocą* Pissarra.

Wracając jeszcze do konturów twarzy przedstawionych na rycinie 14, zastanawia wyraźna różnica w zatarciu rysunku po przefiltrowaniu przez kanał luminancji, w porównaniu do

dwóch barwnych kanałów. W zdecydowanej większości malarstwa przedstawieniowego, artyści najchętniej korzystali z światłocienia dla podkreślenia specyficznych kształtów i odrębności poszczególnych figur. Zacierając kontury twarzy *Mona Lizy*, Leonardo pozbawił jej jednoznaczności. Dwa wieki później, w jeszcze bardziej radykalnej formie pomysł zacierania konturów rzeczy zastosował Joseph Mallord William Turner (ryc. 16), ale niewątpliwie rozkwit tej formy przedstawiania świata stał się programową doktryną impresjonistów.



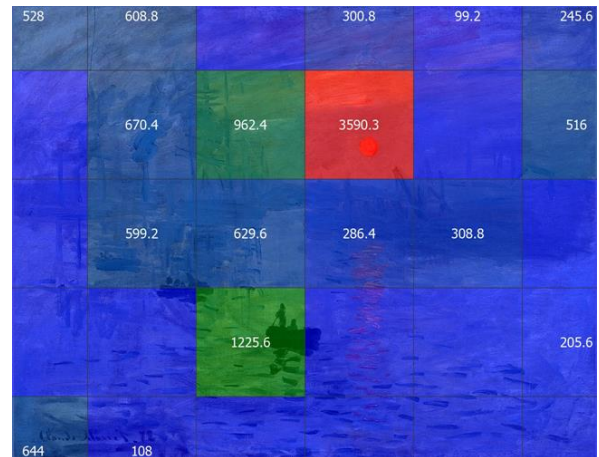
(A) (B)

Rycina 16. (A) Joseph Mallord William Turner, *Statek niewolników*, 1840 (Museum of Fine Arts, Boston), (B) kontury uzyskane po przefiltrowaniu obrazu przez kanał luminancji

Trudno powiedzieć, co zainspirowała Claude Moneta do namalowania *Impresji. Wschód słońca* (ryc. 17A). Ruch gałek ocznych obserwatorów zarejestrowany podczas oglądania tego obrazu ujawnia, że najchętniej spoglądają oni na słońce. Średnio poświęcają mu co najmniej trzykrotnie więcej czasu, niż następnemu, najdłużej oglądanemu elementowi na obrazie (łodzi) (ryc. 17B). Co ich tak interesuje w tej ostro zarysowanej czerwonej kuli na tle szaroniebieskiego tła?



(A)



(B)

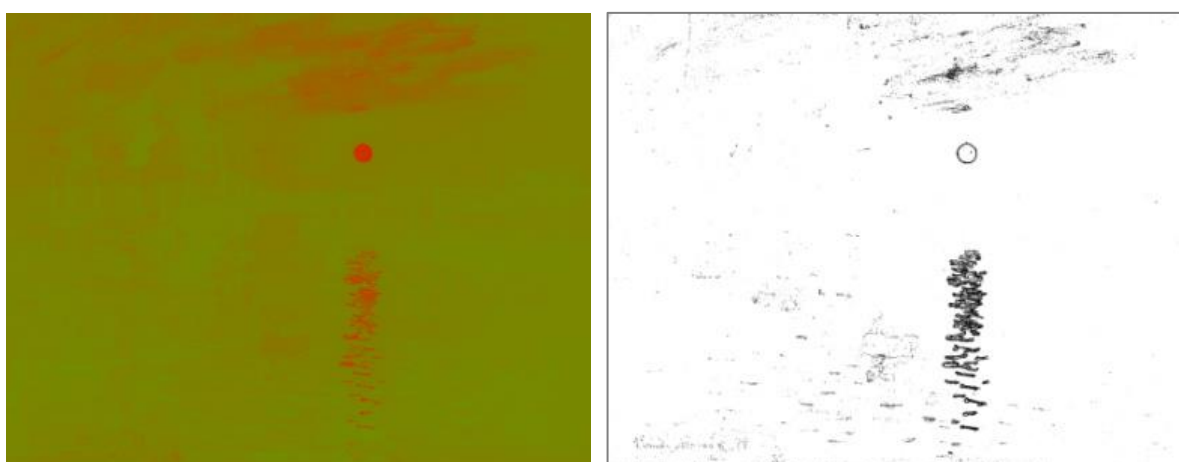
Rycina 17. (A) Claude Monet, *Impresja. Wschód słońca*, 1872 (Musée Marmottan Monet, Paryż) (B) średnie czasy fiksacji wzroku w różnych częściach obrazu

Być może odpowiedź na to pytanie kryje się sposobie, w jaki Monet namalował słońce i otaczające go niebo⁹. Przefiltrowanie obrazu przez kanały luminancji, czerwono-zielony i żółto-niebieski ujawnia interesującą prawidłowość. Otóż okazuje się, że jasność słońca i otaczającego go tła jest identyczna. Na wyjściu z kanału luminancji, w miejscu, gdzie powinno znajdować się słońce, zarysowuje się tylko ledwie dostrzegalny ślad konturu (ryc. 18A). Z kolei na wyjściu z obu barwnych kanałów pojawia się wyraźny zarys słońca (ryc. 18B i 18C). Mózg odbiera sprzeczne dane. Kanały kolorowe wskazują na obecność słońca, ale nie potwierdzają tego dane z kanału luminancji. No więc jest słońce, czy go nie ma? Odpowiedź brzmi: „Czasem jest, a czasem nie ma”. Im dłużej wpatrujemy się w tę część obrazu, tym bardziej doświadczamy swego rodzaju pulsowania, co zaciekawia jeszcze bardziej i właśnie dlatego z takim zainteresowaniem się temu przyglądamy.

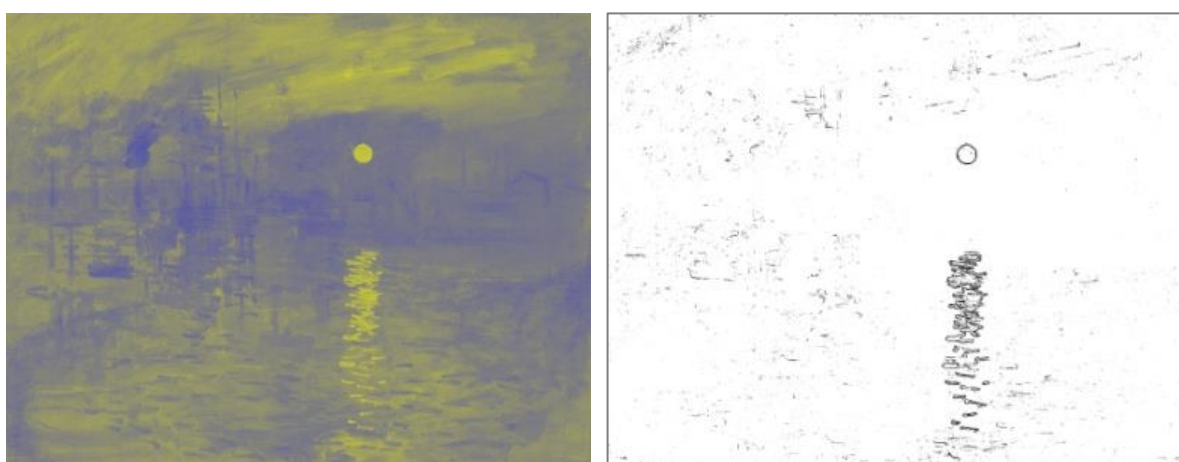
⁹ Livingstone, M. (2002). *Vision and art: The Biology of Seeing*. Harry N. Abrams.



(A)



(B)



(C)

Rycina 18. Obraz Moneta *Impresja. Wschód słońca* przefiltrowany przez kanały luminancji (A), czerwono-zielony (B) i żółto-niebieski (C) oraz krawędzie wyłonię na podstawie analizy kontrastów między opozycyjnymi płaszczyznami w każdym kanale

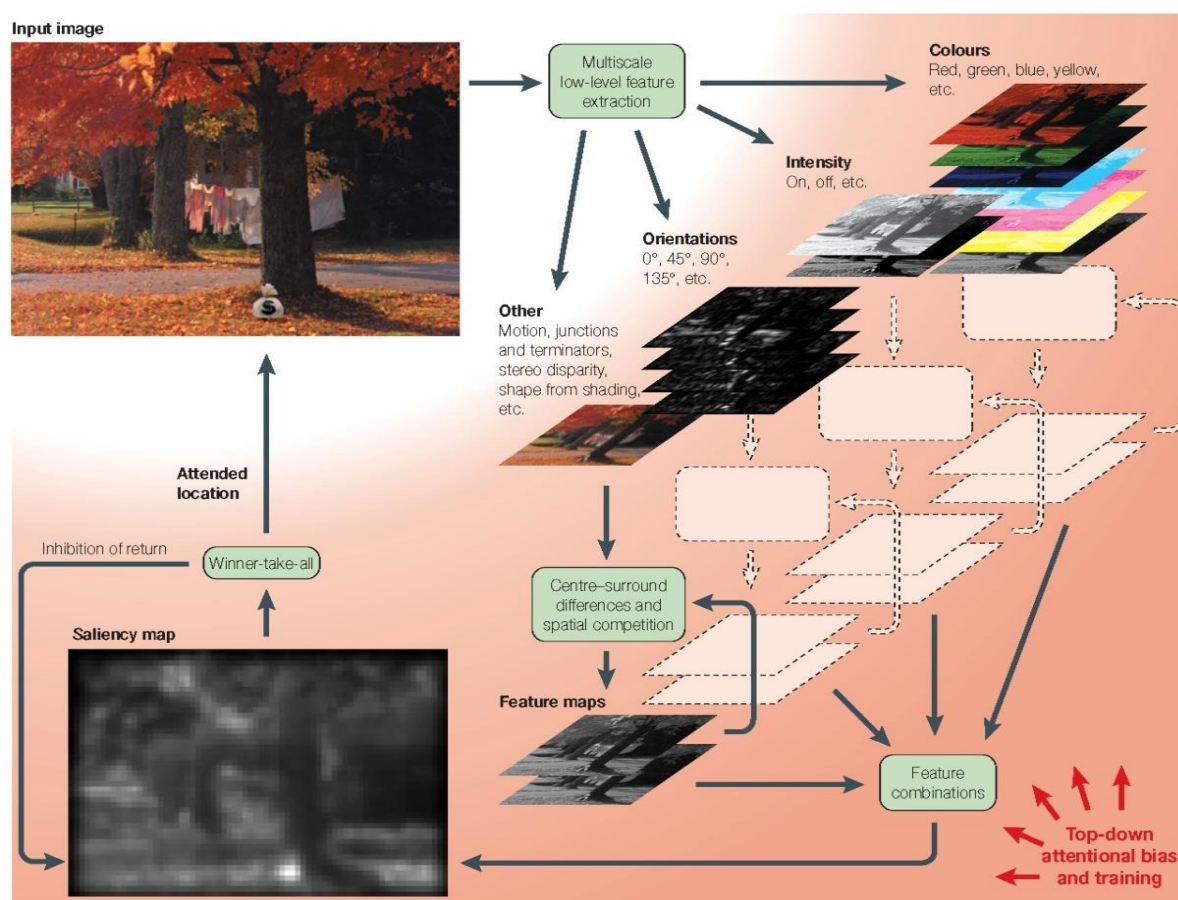
O ruchach gałek ocznych i procesach oddolnych

Omawiając obraz Moneta wspomniałem o bardzo ważnym mechanizmie systemu wzrokowego, jakim jest ruch gałek ocznych. Oczy wykonują dużo różnych ruchów. Te, które możemy zaobserwować „gołym okiem”, np. u naszego rozmówcy to tzw. sakkady, czyli ruchy skokowe. Ich celem jest przesunięcie oka na ten fragment sceny wizualnej, który z jakiś powodów został uznany za ważny i ustawienie go w taki sposób, aby środek siatkówki znajdował się dokładnie naprzeciw tego fragmentu. Te ruchy są najczęściej wykonywane podczas oglądania nieruchomych obiektów.

Kiedy oglądamy mecz tenisowy lub przyglądamy się przejeżdżającym samochodom, ale nie poruszamy przy tym głową, wówczas nasze oczy wykonują tzw. ruchy podążania. Stabilizują one środek siatkówki na ruchomym obiekcie i przesuwiają się zgodnie z jego kierunkiem i prędkością. Istnieją jeszcze tzw. ruchy kompensacyjne, gdy obserwujemy poruszający się obiekt i jednocześnie poruszamy głową. Wówczas sterowanie ruchami gałek ocznych wymaga od mózgu przeprowadzenia wielu skomplikowanych obliczeń, które uwzględniają kierunki i prędkości wszystkich elementów tego dynamicznego układu. Ich celem jest także zatrzymanie wzroku na poruszającym się obiekcie. Oprócz wymienionych trzech rodzajów ruchów, gałki oczne wykonują jeszcze kilka rodzajów tzw. małych ruchów. Każdy z nich ma nieco inną charakterystykę i prawdę powiedziawszy wciąż jeszcze niewiele wiemy, jakie dokładnie pełnią one funkcje.

Ponieważ w niniejszym szkicu interesują nas przede wszystkim nieruchome obrazy, poprzestaniemy tylko na omówieniu pierwszego z wymienionych rodzajów ruchów gałek ocznych, czyli sakkad. W normalnych warunkach w ciągu każdej sekundy oglądania stabilnej sceny wizualnej oczy wykonują 3-5 ruchów skokowych o różnej długości. Każdy skok (sakkada) kończy się tzw. fiksacją, czyli krótkotrwałym wyhamowaniem aktywności okoruchowej. To czas przeznaczony na zbieranie i analizę danych z tego obszaru, który właśnie oświetla środek siatkówki oka. Sakkadowe ruchy oczu są fizjologicznym wskaźnikiem uwagi wzrokowej a interpretacja różnych parametrów tych ruchów może być źródłem interesujących danych na temat sposobu, w jaki ludzie oglądają obrazy malarskie.

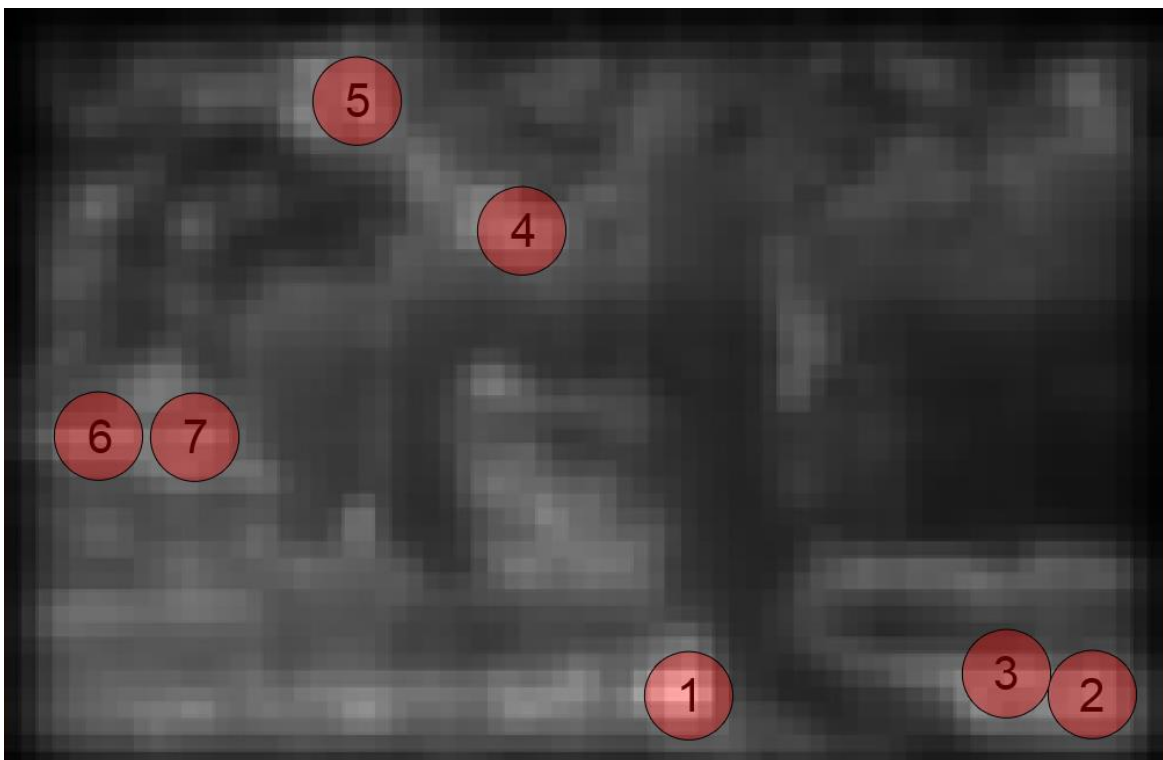
Większość przedstawionych do tej pory obrazów analizowałem z perspektywy działania hipotetycznych, oddolnych mechanizmów percepcji wzrokowej. Rezultaty ich aktywności są wypadkową struktury obrazu (m.in. wyrazistości konturów postaci, ich oświetlenia i barw) oraz budowy i działania sieci fotoreceptorów, umieszczonych w tylnej części gałki ocznej obserwatora. Współcześnie, neuronaukowcy próbują symulować te procesy za pomocą komputerowych modeli obliczeniowych. Jednym z takich rozwiązań jest model Laurenta Itti'ego i Christofa Kocha, który służy do przewidywania trajektorii ruchów gałek ocznych podczas oglądania scen wizualnych (zob. ryc. 19)¹⁰.



Rycina 19. Schemat oddolnych procesów percepcyjnych opracowany przez Itti'ego i Kocha (przedruk za zgodą wydawcy)

¹⁰ Itti, L., Koch, Ch. (2001). Computational modelling of visual attention. *Nature Reviews Neuroscience*, 2, 194-203; Koch, C., Ullman, S. (1985). Shifts in selective visual attention: towards the underlying neural circuitry. *Human Neurobiology*, 4, 219-227.

Każdy fragment sceny wizualnej, np. takiej, jak przedstawiona w lewym górnym rogu ryciny 19, jest filtrowany przez system wzrokowy ze względu na cztery grupy własności: kolory (zwłaszcza przeciwstawne), intensywność kontrastów, orientację konturów oraz inne, np. kierunki i szybkości ruchu obiektów. W wyniku integracji przefiltrowanych danych wejściowych powstaje mapa wydatności (*saliency map*), która zawiera informację o hierarchii wyróżniających się obiektów w scenie wizualnej ze względu na analizowane cechy (zob. ryc. 19, dolny lewy róg). Wskaźnikiem wyróżniania się danego fragmentu obrazu na mapie wydatności jest jego jasność. Im jaśniejszy jest ten fragment tym silniej przyciąga wzrok. Na podstawie oceny jasności poszczególnych części sceny wizualnej można zatem przewidzieć trajektorię ruchu gałek ocznych obserwatora, który ogląda tę scenę (ryc. 20). Oczywiście zarówno mapa wydatności, jak i sekwencja ruchów gałek ocznych mają tylko status hipotez, ale stanowią znakomity punkt wyjścia do badań empirycznych.



Rycina 20. Mapa wydatności (*saliency map*) utworzona po przefiltrowaniu różnych własności sceny wizualnej przedstawionej na rycinie 19 (lewy dolny róg), z naniesionymi na nią pierwszymi siedmioma punktami fiksacji wzroku. Miejsce i kolejność punktów fiksacji jest wyznaczona przez jasność poszczególnych fragmentów mapy

Pytanie o miejsca punktów fiksacji i charakterystykę całej trajektorii ruchu gałek ocznych podczas oglądania różnych scen wizualnych, a w szczególności dzieł sztuki, interesowało badaczy percepcji od czasu, gdy tylko pojawiły się pierwsze, nieco bardziej zaawansowane urządzenia, pozwalające na rejestrację aktywności okoruchowej. Już w latach 30. XX wieku Guy Thomas Buswell opublikował książkę, w której podjął próbę odpowiedzi na pytanie, w jaki sposób oczy skanują oglądane obrazy¹¹. Jest to jedna z pierwszych monografii, zawierająca systematyczny i kompleksowy opis wyników eksperymentów neuropsychologicznych zgromadzonych za pomocą okulografu, urządzenia służącego do rejestracji ruchów gałek ocznych. Buswell zauważył, m.in., że im bardziej znana jest scena wizualna tym dłuższe są czasy fiksacji i krótsze sakkady, że podczas rozpoznawania sceny wizualnej liczba fiksacji jest znacznie mniejsza niż podczas jej zapamiętywania, że najwięcej punktów fiksacji znajduje się w miejscach o wysokiej informatywności dla zrozumienia sceny, oraz że ludzie obecni w scenie wizualnej, a zwłaszcza ich twarze i oczy silniej przyciągają uwagę wzrokową, niż inne obiekty i tło.

Wpływ nastawienia i wiedzy na ruch gałek ocznych

Dwadzieścia lat po opublikowaniu monografii przez Buswella później rosyjski badacz Alfred Yarbus poszedł krok dalej i stwierdził, że na trajektorię ruchu gałek ocznych mają wpływ nie tylko cechy obrazu lub stopień jego znajomości, ale również nastawienie obserwatora na oglądanie go pod pewnym kątem¹². W jednym z eksperymentów, podczas oglądania przez osoby badane obrazu Ilyi E. Repina, *Nieoczekiwany gość* (zob. ryc. 21), Yarbus rejestrował ich aktywność okoruchową.

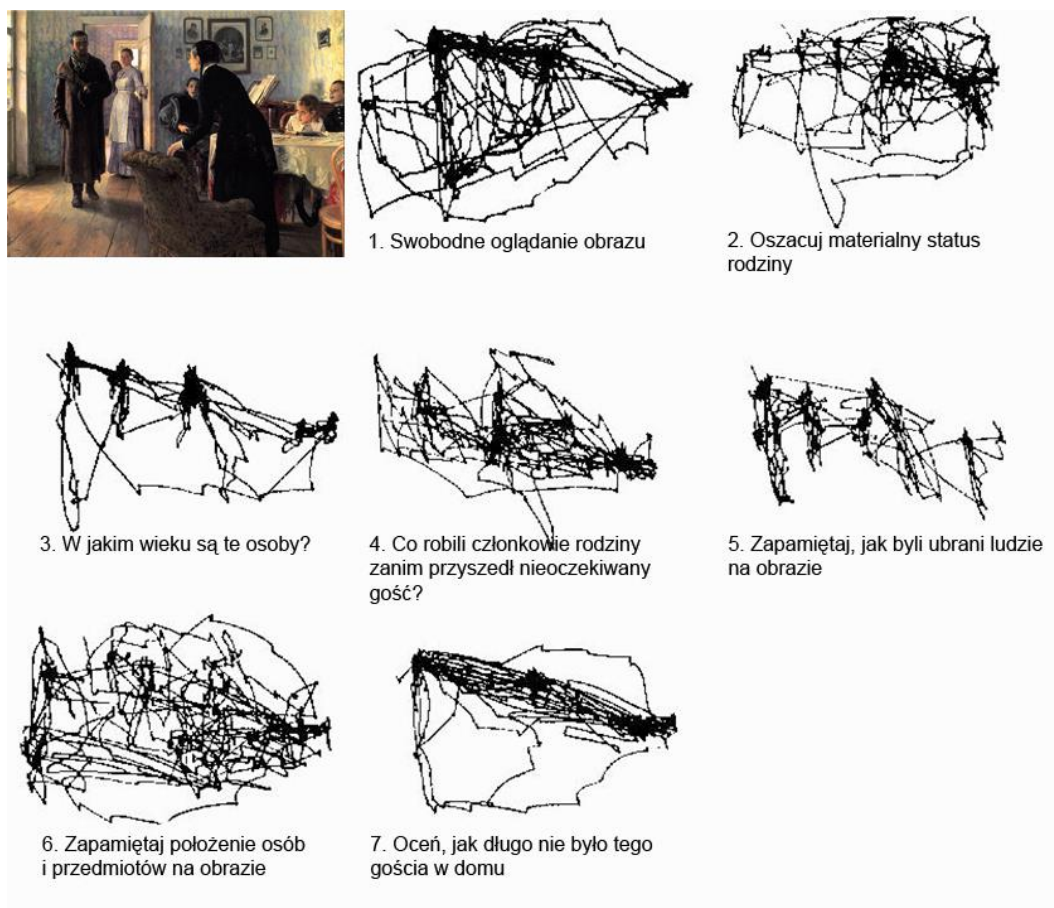
¹¹ Buswell G. T. (1935). *How people look at pictures*. Chicago: University Chicago Press.

¹² Yarbus, A. L. (1967). *Eye movements and vision*. New York: Plenum.



Rycina 21. Ilya Efimovich Repin, *Nieoczekiwany gość*, 1886 (The Tretyakov Gallery, Moskwa)

Przez pierwsze trzy minuty osoby badane swobodnie oglądały obraz (ryc. 22.1). Następnie, podczas kolejnych sześciu trzypięciominutowych sesji, badani mieli za zadanie skoncentrować się na różnych aspektach postaci przedstawionych na obrazie (zob. ryc. 22.2-7). Okazało się, że trajektorie ruchów gałek ocznych zasadniczo różniły się w zależności od specyfiki zadania poznawczego, jakie osoba badana miała wykonać, zapoznając się z treścią obrazu.



Rycina 22. Trzyminutowe zapisy ruchów gałek ocznych tej samej osoby badanej, podczas oglądania przez nią obrazu *Nieoczekiwany gość*, Ilyi E. Repina, w siedmiu różnych warunkach eksperymentalnych

Eksperymenty Yarbusa uświadomiły badaczom percepcji wizualnej, jak ogromny wpływ odgrywają odgórne procesy percepcyjne takie, jak np. nastawienie obserwatora, na sposób oglądania sceny wizualnej¹³. W zależności od potrzeb wyraźnie zmienia się pole jego zainteresowań, na którym dłużej i częściej koncentruje wzrok. I co najważniejsze niekoniecznie musi to mieć związek z cechami samego obrazu. Nałożenie na obraz kolejnych zapisów trajektorii ruchu gałek ocznych wskazuje na te obszary, z których obserwator czerpie najwięcej informacji potrzebnych mu do wykonania zadania. Kiedy pojawia się pytanie o

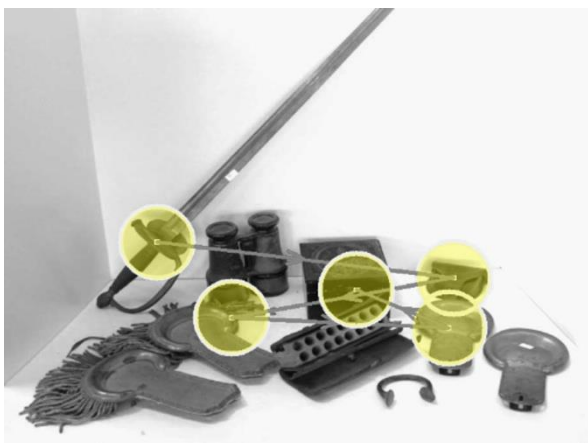
¹³ Tatler, B. W., Wade, N. J., Kwan, H., Findlay, J. M., Velichkovsky, B. M. (2010). Yarbus, eye movements, and vision. *i-Perception* 1(1), 7–27.

ubiór postaci na obrazie, wówczas wzrok obserwatora przesuwają się wertykalnie po ich sylwetkach (ryc. 22.5), a kiedy chodzi o status materialny rodziny, wówczas okazuje się, że najbardziej informatywne są obrazy wiszące na ścianach (rys. 22.2).

Szczególnie interesujący jest zapis trajektorii ruchów gałek ocznych w odpowiedzi na pytanie, jak długo nieoczekiwany gość przebywał poza domem (ryc. 22.7). Poszukując odpowiedzi na to pytanie oczy obserwatora śledzą twarze poszczególnych postaci, podobnie jak w odpowiedzi na pytanie o ich wiek (por. ryc. 22.3). Jest jednak zasadnicza różnica między zapisami 22.3 i 22.7. Niewątpliwie, wskaźnikiem oceny czasu rozstania może malująca się na twarzach domowników radość, zaskoczenie, niedowierzanie, a nawet przestrasz. Ale ich natężenia muszą być skonfrontowane między sobą a w szczególności z mieszaniną radości i niepewności, jakie można odczytać na twarzy mężczyzny. Trajektoria ruchu gałek ocznych przedstawiona na rycinie 22.7 nie jest prostym zbieraniem danych niezbędnych do udzielenia odpowiedzi na pytanie o wiek postaci, ale jest swoistym zapisem niewerbalnej komunikacji, jaka nawiązała się między tymi postaciami.

Pytanie o wpływ ogólnych procesów percepcyjnych na trajektorię ruchu gałek ocznych budzi coraz większe zainteresowanie naukowców¹⁴. Katherine Humphrey i Geoffrey Underwood przebadali trzy grupy studentów: amerykanistyki, politechniki i nauk społecznych. Osoby badane oglądały 45 zdjęć, które przedstawiały sceny lub obiekty związane z ich kierunkami studiów (po 15 dla każdego kierunku). Podczas oglądania rejestrowano ich ruch gałek ocznych. Dla każdego zdjęcia opracowano mapę wydajności, za pomocą modelu Itti'ego i Kocha, która posłużyła do oszacowania położenia hipotetycznych punktów fiksacji wzroku (ryc. 23). Następnie porównano trajektorie ruchu gałek ocznych oszacowane na podstawie modelu z trajektoriami zarejestrowanymi u osób badanych.

¹⁴ Humphrey, K., Underwood, G. (2009). Domain knowledge moderates the influence of visual saliency in scene recognition. *British Journal of Psychology*, 100, 377–398.



Rycina. 23. Zdjęcie przedstawiające elementy wyposażenia żołnierza z okresu wojny secesyjnej w USA (bodziec związany z amerykańską) z zaznaczonymi na żółto hipotetycznymi punktami fiksacji wzroku, oszacowanymi za pomocą modelu Itti'ego i Kocha (opracowanie na podstawie: Humphrey, Underwood, 2009)

Okazało się, że mapa wydajności nieźle przewiduje miejsca fiksacji wzroku, ale tylko przez tych studentów, którzy nie specjalizowali się w dziedzinie amerykańistyki (ryc. 24A).

Porównując położenie zaznaczonych na czerwono fiksacji studentów politechniki i zaznaczonych na żółto oszacowań na podstawie modelu widać, że w większości pokrywają one te same obszary zdjęcia. Model oddolnych procesów poznawczych dobrze zatem przewiduje zachowania się nowicjuszy w danej dziedzinie.

Z kolei eksperci, czyli w tym przypadku studenci amerykańistyki, zupełnie inaczej oglądali znane im obiekty, a co najważniejsze ich punkty fiksacji wzroku prawie w ogóle nie pokrywały się z punktami oszacowanymi na podstawie modelu (ryc. 24B). Okazuje się, że eksperci, którzy mają większy zasób wiedzy w danej dziedzinie są w znacznie mniejszym stopniu wrażliwi na te cechy bodźca, które oddolnie zarządzają procesami uwagi u nowicjuszy.

widzenia rzeczy. Aby jednak było to w pełni możliwe muszą być spełnione pewne minimalne warunki, dotyczące optymalnego dostępu odbiorców do dzieł malarskich.

Przedstawione wyniki badań wskazują na to, że eksperci, np. w dziedzinie historii sztuki zupełnie inaczej oglądają obrazy, niż rządni estetycznych doświadczeń turyści wypełniający galerie i muzea. To na co zwracają uwagę nowicjusze dawno już przestało interesować ekspertów. W gruncie rzeczy nie ma w tym nic zaskakującego. Płynie stąd jednak, jak sądzę, dość jednoznaczne przesłanie dla tych, którzy zajmują się wystawiennictwem i kreowaniem przestrzeni muzealnych. Jeśli bowiem galerie mają być także przeznaczone dla nie-ekspertów, to ich organizacja przestrzenna musi uwzględniać możliwości przetwarzania danych wizualnych przez tę grupę odbiorców. Biorąc pod uwagę fakt, że nowicjusze działają pod znacznie większą presją oddolnych mechanizmów percepcyjnych niż eksperci, najrozsądniej byłoby stworzyć im takie warunki kontaktu z dziełem, które nie są zakłócone przez niekontrolowane ich oświetlenie, odległość czy kolorystyczny kontekst. Tym zagadnieniom poświęciłem w niniejszym artykule najwięcej miejsca. Oczywiście wymienione tu dystraktory są zaledwie początkiem długiej litanii pobożnych życzeń optymalizujących percepcję wizualną w przestrzeni muzealnej. Z pewnością im także należałoby poświęcić nieco więcej uwagi. Ale to już temat na odrębny artykuł.