

Analiza porównawcza gogli do VR

Łukasz Pełka*, Łukasz Podstawka*, Tomasz Szymczyk

Politechnika Lubelska, Instytut Informatyki, Nadbystrzycka 36B, 20-618 Lublin, Polska

Streszczenie. Artykuł dotyczy porównania dwóch typów okularów do wirtualnej rzeczywistości – z wbudowanym ekranem oraz różnych konstrukcji okularów, z wyjmowanym ekranem, którym najczęściej jest smartfon. Opracowano scenariusze badawczo – testowe, których celem było porównanie tych technologii w zakresie jakości wyświetlanego obrazu, ergonomii urządzeń oraz wygody ich użytkowania.

Słowa kluczowe: wirtualna rzeczywistość; gogle projekcyjne; HMD; Oculus Rift

*Autor do korespondencji.

Adresy e-mail: lukasz.pelka94@wp.pl, wookee94@gmail.com

Comparative analysis of VR goggles

Łukasz Pełka*, Łukasz Podstawka*, Tomasz Szymczyk

Institute of Computer Science, Lublin University of Technology, Nadbystrzycka 36B, 20-618 Lublin, Poland

Abstract. Article deals with comparison of two goggle types for virtual reality – with built-in screen and a variety of constructions with removable screen, which generally was a smartphone. For this reason research and test scenarios has been made. Its purpose was to compare those technologies in terms of quality of displaying image, ergonomics and comfort of usage.

Keywords: virtual reality; projection goggles; HMD; Oculus Rift

*Corresponding author.

E-mail addresses: lukasz.pelka94@wp.pl, wookee94@gmail.com

1. Wstęp

Wirtualną rzeczywistość można w skrócie opisać jako obraz imitujący rzeczywistość- świat realny lub też fikcyjny, wygenerowany za pomocą technologii informatycznych. Powszechnie uważa się, że twórcą pojęcia wirtualnej rzeczywistości jest amerykański informatyk Jaron Zepel Lanier.

Obecnie wirtualna rzeczywistość uzyskiwana jest najczęściej za pomocą generowanych obrazów i dźwięków. Obrazy możemy obserwować za sprawą różnych ekranów, najczęściej komputerowych. Mogą być one wielkopowierzchniowe a także miniaturowe, umieszczone w specjalnych goglach (np. Oculus Rift DK2).

Wirtualna rzeczywistość ma szerokie zastosowanie w dziedzinach użytkowych i rozrywkowych. Dziedziny użytkowe wykorzystują środowisko podobne do rzeczywistego świata. Tworzone są różnego rodzaju symulatory dla pilotów, astronautów, żołnierzy, lekarzy. Dzięki temu można w kontrolowanych warunkach przeprowadzać treningi i testować nowe rozwiązania [1]. Z kolei dziedziny rozrywkowe dają większe pole do wykorzystania wyobraźni. Generowane są różne światy rodem z filmów science-fiction, które wnoszą rozrywkę na nowy, dotąd nieosiągalny poziom. Ponadto popularne stało się ostatnio wykorzystywanie wirtualnej rzeczywistości do tworzenia tak zwanych „wirtualnych spacerów”. Za pomocą specjalnych kamer skanuje się np. wnętrza

budynków, następnie generuje się model, który możemy oglądać za pomocą specjalnych gogli lub smartfonów.

W czerwcu 2012 roku firma Oculus ogłosiła opracowanie Oculus Rift, czyli specjalnych gogli, z wbudowanym wyświetlaczem, umożliwiających rozrywkę w wirtualnym świecie. W celu sfinansowania produkcji skorzystano z portalu Kickstarter. W lipcu 2014 do sprzedaży trafiła druga wersja deweloperska gogli- Oculus Rift DK2, którą posiada Politechnika Lubelska.

2. Okulary projekcyjne

Wirtualna rzeczywistość stała się powszechną technologią w ciągu ostatnich kilku lat. Jednak jej historia sięga o wiele dalej. W roku 1935 wydano książkę zatytułowaną *Pygmalion's Spectacles* autorstwa Stanleya G. Weinbauma, która zawierała prawdopodobnie pierwszą wzmiankę o goglach do wirtualnej rzeczywistości. Cały system pozwalał doświadczać obrazu, smaku, zapachu, dotyku obiektów w wirtualnej rzeczywistości. Ponadto użytkownik mógł komunikować się z postaciami z przedstawionego świata [2].

2.1. Okulary historyczne

W latach 50. XX wieku Morton Heilig wydał artykuł zatytułowany *Experience Theatre*, w którym przedstawił swoją wizję maszyny pozwalającej na wyświetlanie przed oczami widza obrazów, co dawałoby złudzenie przebywania w innej rzeczywistości. Prototyp tej maszyny został

zaprezentowany w roku 1962. Heilig nazwał ją *Sensorama* [3]. Było to mechaniczne urządzenie zawierające stereoskopowy, kolorowy wyświetlacz, krzesło oraz wiatraki. *Sensorama* wydzielała także zapachy oraz posiadała system dźwiękowy stereo.



Rys. 1. Widok urządzenia- Sensorama [4]

W roku 1966 technologię wirtualnej rzeczywistości wprowadzono do armii, za sprawą Thomasa A. Furnessa III, który opracował symulator lotu. Chciał on by piloci mogli trenować w bezpiecznych warunkach.

W roku 1968 Ivan Sutherland zaprezentował światu *Ultimate Display* [4]. To urządzenie można uznać za pierwsze w historii urządzenie HMD (head-mounted display), czyli wyświetlacz nagłowny. Sprzęt ten był jednak bardzo ciężki. Dlatego też został on podwieszony do sufitu. *Ultimate Display* wyświetlał użytkownikowi proste szkielety obiektów.



Rys. 2. Widok urządzenia Ultimate Display [5]

Kolejne lata to ciągły rozwój urządzeń wirtualnej rzeczywistości bardziej przypominających obecne rozwiązania. W latach osiemdziesiątych VPL Research opracowuje DataGlove oraz EyePhone



Rys. 3. Widok urządzeń- DataGlove oraz EyePhone (VPL Research) [6]

Sega w roku 1994 prezentuje urządzenie *Sega VR-1*. Skorzystać z niego można było wyłącznie w salonach gier sieci *SegaWorld* [7]. W specjalnych goglach wyświetlano grafikę 3D. Ponadto sprzęt umożliwiał śledzenie ruchów głowy. *Sega VR-1* nie odniosło sukcesu, ze względu na niezbyt dopracowaną oprawę graficzną [3].

W roku 1995 zaprezentowano także inne urządzenie do VR- *VFX1*. Były to gogle połączone ze słuchawkami [7]. Prace nad goglami zaczęły się już 5 lat wcześniej. Były one wyposażone w 2 wyświetlacze o rozdzielczości 263×230 px każdy, które mogły wyświetlać do 256 kolorów. Ruchy głowy były śledzone za pomocą zewnętrznych czujników.



Rys. 4. Wygląd urządzenia VFX1 [3]

2.2. Okulary współczesne

W 2012 roku firma Oculus VR zbiera pieniądze w crowdfundingowej kampanii na stronie Kickstarter, by stworzyć okulary do wirtualnej rzeczywistości eliminujące dotychczas problemy związane z urządzeniami tego typu – nudności i bóle głowy. Ciągłe udoskonalając swoje rozwiązania prezentuje wersję deweloperską gogli – Development Kit 1. Po dwóch latach zaczyna się sprzedaż drugiej wersji deweloperskiej oznaczonej symbolem DK2 [8]. W ciągu 7 miesięcy od uruchomienia sprzedaży ogłoszono, że nabywców znalazło 100 000 urządzeń [9].



Rys. 5. Widok urządzenia - Oculus Rift DK2 [10].

W roku 2016 na rynek trafia pierwsza wersja konsumencka (CV1), charakteryzująca się znacznie poprawionymi parametrami względem wszystkich poprzednich odsłon.



Rys. 6. Widok urządzenia - Oculus Rift CV1 [11].

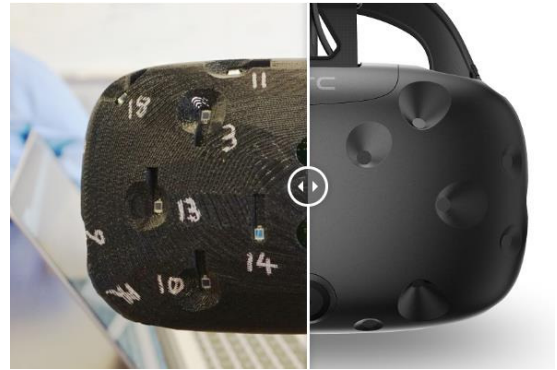
Za następcę Oculus Rift można uznać Oculus Go zapowiedziany w październiku 2017 roku. Firma Oculus rozpoczęła produkcję tego urządzenia we współpracy z chińskimi firmami Qualcomm oraz Xiaomi. Oculus Go w odróżnieniu od swoich poprzedników jest samodzielną platformą, niezależną od komputera, przez co nie wymaga zastosowania ograniczających przewodów, jednak tym samym pozbawionym jest zewnętrznego zasilania, co wymusza zastosowanie wbudowanej baterii, co z kolei ogranicza czas pracy [11].

W poniższej tabeli przedstawione zostały główne różnice pomiędzy czterema wersjami gogli Oculus udostępnionymi do ogólnej sprzedaży [12, 13, 14, 15, 16].

Tabela 1. Porównanie wersji Oculus DK1, DK2, CV1 oraz Go

Wersja	DK1	DK2	CV1	Go
Typ ekranu	LED	OLED	OLED	LCD
Rozdzielczość [px]	1280×800	1920×1080	2160×1200	2560×1440
Częstotliwość odświeżania [Hz]	60	60, 72, 75	90	60, 72
Waga [g]	380	440	470	470
Pole widzenia [°]	90	90	110	ok 101
Cena w dniu premiery [\$]	300	350	400	200

Głównym konkurentem Oculus w dziedzinie gogli VR podłączanych do komputera jest HTC Vive. W 2012 roku, kiedy temat wirtualnej rzeczywistości stawał się coraz bardziej popularny firmy Valve oraz HTC zaczęły interesować się tym tematem. Obie firmy próbowały swoich sił osobno, jednak dopiero wspólna praca nad projektem dała owocne skutki. 5 kwietnia 2016 roku premierę ma urządzenie HTC Vive. Gogle stosują podobną metodę śledzenia ruchów głowy względem konkurencji, jednak z zastosowaniem promieni laserów obok zwykłych diod LED. Ponadto do zestawu dołączane są dwa kontrolery, których położenie wykrywane jest na tej samej zasadzie działania [17].



Rys. 7. HTC Vive wewnątrz i na zewnątrz [18]



Rys. 8. Wnętrze i wygląd kontrolera HTC Vive [19]

8 stycznia 2018 roku, HTC ujawniło ulepszoną wersję Vive, znaną jako HTC Vive Pro. Zawiera ona wyświetlacz o wyższej rozdzielczości, dołączane słuchawki, mikrofon stosowany do aktywnego tłumienia dźwięków z zewnątrz, odświeżony wygląd z bardziej zbalansowaną formą oraz niższą wagą. Zamiast połączenia portem USB-A używa USB-C [20].

W poniższej tabeli przedstawione zostały główne różnice pomiędzy goglami Oculus Rift CV1, HTC Vive a HTC Vive Pro [14, 24, 26]

Tabela 2. Porównanie Oculus Rift CV1, HTC Vive i HTC Vive Pro

Wersja	Oculus Rift CV1	HTC Vive	HTC Vive Pro
Typ ekranu	OLED	OLED	AMOLED
Rozdzielczość [px]	2160×1200	2160×1200	2880×1600
Częstotliwość odświeżania [Hz]	90	90	90
Waga [g]	470	555	470
Pole widzenia [°]	110	110	110
Cena w dniu premiery [\$]	400	800	1100

Przedstawione wyżej rozwiązania są niewątpliwie efektywne – wyświetlają obraz z dużą płynnością, w wysokiej rozdzielczości, pozwalają na dokładne odwzorowanie ruchów głowy w wirtualnym świecie. Jednak urządzenia te mają swoje wady. Każde z nich musi być podłączone kilkoma przewodami do komputera, który z kolei musi dysponować bardzo dużą mocą obliczeniową, by zdołać wygenerować 90 klatek obrazu na sekundę w tak dużych rozdzielczościach. To wszystko generuje wysokie koszty, a nie każdy użytkownik chcący poznać świat VR może pozwolić sobie na wydatek rzędu kilku lub kilkunastu tysięcy złotych na komputer i odpowiednie gogle. Alternatywą dla tego rozwiązania jest zakup telefonu z wyższej półki (nawet za niecały tysiąc złotych) oraz odpowiedniej ramki, do której można włożyć telefon i cieszyć się wirtualną rzeczywistością za dużo mniejszą kwotą, a ponadto telefon może służyć nie tylko temu jednemu, konkretnemu celowi.

Najprostsza a zarazem najtańsza z tych ramek – Google Cardboard została zaprezentowana podczas konferencji Google I/O w czerwcu 2014 roku. Był to debiut tego typu akcesorium dla telefonów z systemem Android. Projekt powstał, by pokazać, że nie trzeba przepłacać za Oculus Rift, by mieć dostęp do wirtualnej rzeczywistości. Cały zestaw opiera się wyłącznie na kawałku tektury połączonym w odpowiedni sposób oraz parze soczewek, gdyż wszystkie obliczenia i wyświetlanie obrazu dokonywane są za pomocą umieszczonego wewnątrz ramki telefonu. Cena takiego rozwiązania zaczyna się od około 15\$, niecałe 55 zł [18]



Rys. 9. Google Cardboard [19]

Różne firmy podjęły pomysł Google i zaczęły produkować własne wersje ramek do telefonów. Jednym z najpopularniejszych jest Samsung Gear VR, wypuszczony do sprzedaży w listopadzie 2015 roku. Działa on z wybranymi modelami smartfonów Samsunga, począwszy od modelu Galaxy S6, przez wersje S7, S8 do S9 łącznie [28].



Rys. 10. Samsung Gear VR [29]

W obecnych czasach na rynku istnieje wiele firm produkujących różne ramki umożliwiające odtwarzanie obrazu wirtualnej rzeczywistości na ekranach smartfonów. Głównymi różnicami w ich konstrukcji są materiały, z których wykonano soczewki, możliwość i sposób dostosowania ostrości widzenia dla osób z wadą wzroku oraz proporcje obrazu, który można wyświetlać. Niektóre z ramek pozwalają na wyświetlanie obrazu w formacie 4:3, inne dają obraz panoramiczny. Różne są również ceny, od najtańszych, za 10 zł, do tych droższych z ceną sięgającą nawet kilkuset dolarów.

3. Analiza porównawcza

Badanie przeprowadzone na każdym z 16 respondentów zostało podzielone na 4 etapy, w trzech pierwszych prezentowane były inne treści, zawarte w odrębnych scenach, przygotowanych na potrzeby badania. Czwarty etap polegał na odpowiedzi na pytania o ogólne wrażenia z użytkowania urządzeń.

Badanie w etapie pierwszym polegało na prezentacji modeli 3D zwierząt. Obiekty te obracały się wokół własnej osi. Zaprezentowano 8 modeli zwierząt rozmieszczonych w przestrzeni. Autorzy ułożyli modele zwierząt w kolejności od najmniejszego, do największego. Pierwszym był szczur, następnym kura, kot, koza, wilk, krowa, żyrafa a ostatnim mamut. Ich odległości od wzroku obserwatora wynosiły od 11,8 metra do 217,1 metra. Celem eksperymentu było wykazanie, czy użytkownik przy ograniczonej rozdzielczości ekranu był w stanie dostrzec modele dobrze znanych zwierząt. Wynikiem badania jest procentowa ilość poprawnie rozpoznanych zwierząt.

Badanie w etapie drugim polegało na prezentacji użytkownikowi dwóch tablic, pokrytych regularnymi pionowymi i poziomymi liniami, dalej zwanymi siatką. Każda z tablic ma taki sam rozmiar. Odpowiada on w rzeczywistości 20 m szerokości i 10 m wysokości. Znajdują się one w odległości 15,5 m oraz 37,5 m od obserwatora i są ustawione pod kątem prostym. Na planszach znajdują się siatki złożone z ciemnych linii o rzeczywistej szerokości 19,6 cm. Respondentom w tym etapie badania zadano następujące pytania: Czy widzisz siatkę na bliższej oraz dalszej tablicy? Czy widzisz efekt mory na bliższej oraz dalszej tablicy? Wynikiem badania jest procentowa liczba osób, które

widziały/nie widziały siatki oraz procentowa liczba osób, które widziały/nie widziały mory.

Etap trzeci badania polegał na zaprezentowaniu respondentom trzech tablic zawierających znaki alfanumeryczne – cyfry, litery oraz znaki specjalne, takie jak znak zapytania, wykrzyknik czy podkreślnik. Podobnie jak w etapie drugim, tutaj tablice również miały rozmiar wynoszący w rzeczywistości 20 m szerokości i 8 m wysokości. Tablice znajdowały się w odległości odpowiednio 36 m, 90,1 m oraz 155,2 m od oczu obserwatora. Wynikiem badania jest procentowa liczba poprawnie odczytanych znaków dla każdej z tablic.

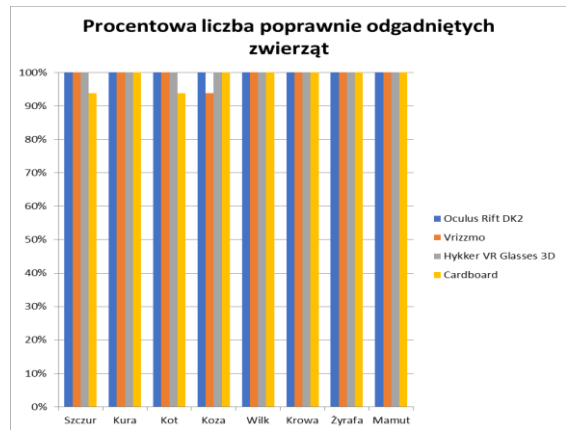
Etap czwarty badania polegał na zadaniu użytkownikom urządzeń szeregu pytań odnośnie ich odczuć z korzystania z okularów. Ocena polegała na przyznaniu gogłom punktów z zakresu 1 – 5, gdzie 1 to najniższa ocena, a 5 to najwyższa ocena, dla następujących kategorii:

1. Waga urządzenia
2. Wygoda umocowania na głowie
3. Mobilność
4. Ogólna jakość wyświetlanego obrazu
5. Ostrość krawędzi wyświetlanego obrazu
6. Płynność obrazu
7. Zasięg dokładnego widzenia wirtualnego świata
8. Poziom zmęczenia oczu
9. Ogólne odczucia z użytkowania
10. Ogólna ocena dla urządzenia

Każdy z respondentów przeszedł przez cztery etapy. Po każdym etapie badani przydzielali punkty dla każdej z kategorii w skali 1 – 5 (1 to najniższa ocena, 5 to najwyższa) bądź odpowiadali na zadane pytania używając słów tak lub nie.

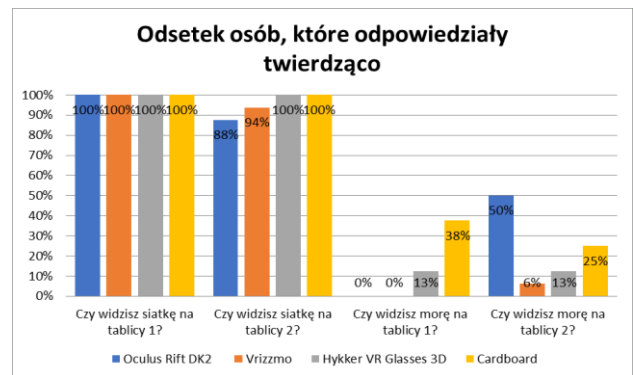
Do celów badawczych starano się wybrać różne osoby pod względem wieku, płci czy znajomości technologii wirtualnej rzeczywistości. Wiek badanych wahał się w przedziale od 24 do 80 lat, jego średnia wyniosła 35,19 lat. Wśród badanych znalazło się 75 % mężczyzn i 25 % kobiet. 44 % badanych stwierdziło, że nigdy nie miało styczności z wirtualną rzeczywistością. 56 % pozostałych osób zapytano, jak długo używały VR.

W etapie pierwszym badania znaczna większość respondentów poprawnie zidentyfikowała wyświetlane modele zwierząt. Wśród wszystkich badanych na wszystkich urządzeniach zdarzyły się jedynie trzy błędnie odczytane obiekty, gdzie jeden z badanych używając kartonowych okularów pomylił kota z pumą oraz kozę z osłem; drugi natomiast używając okularów Vrizzmo uznał model szczura za model wiewiórki. Wszystkie błędy w odczytywaniu zwierząt wystąpiły w trzech z czterech najbliższych położonych modeli.



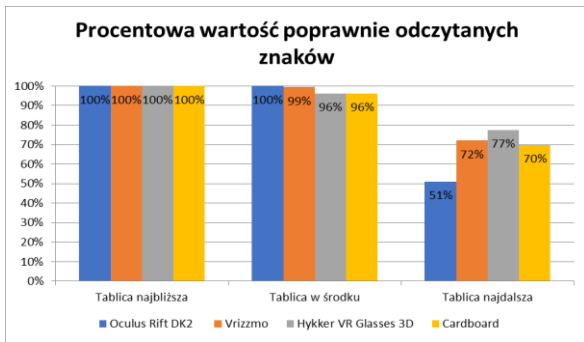
Rys. 11. Prezentacja procentowego rozkładu poprawnie odczytanych modeli zwierząt w pierwszym etapie badania

Drugim etapem badania było wyświetlenie plansz pokrytych siatkami i zbadanie, czy występuje efekt mory. Wszyscy z badanych widzieli siatkę na najbliższej tablicy, jednak na tej dalszej, już tylko w przypadku okularów Hykker oraz Cardboard wszyscy użytkownicy widzieli siatkę. Należy zwrócić uwagę, że w przypadku dwóch ostatnich zapytań niższy odsetek oznacza lepszą ocenę.



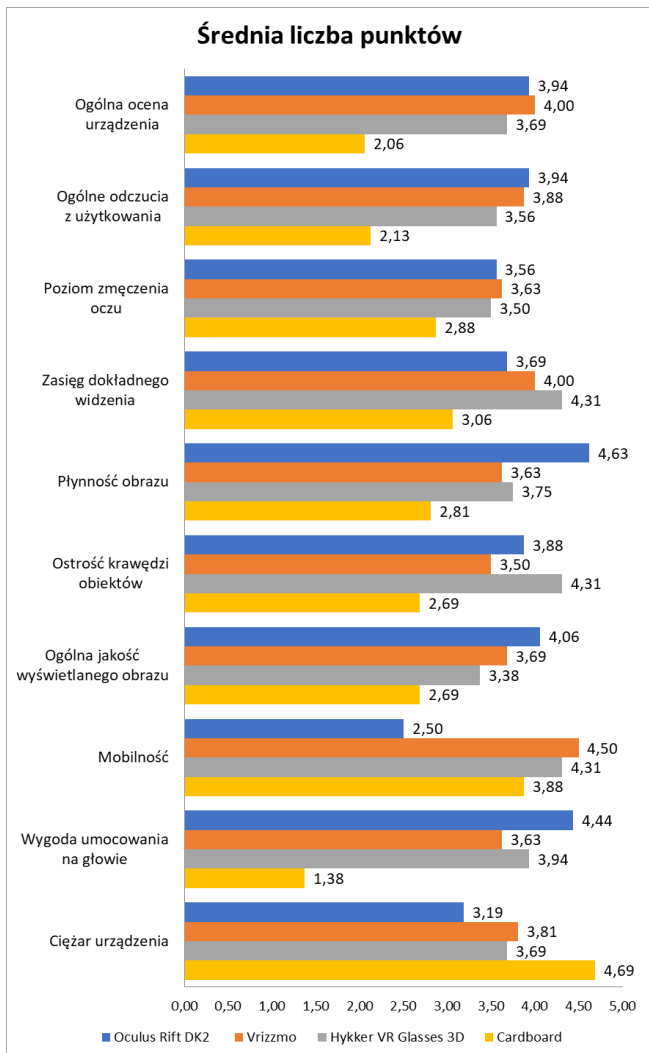
Rys. 12. Prezentacja procentowego rozkładu osób, które odpowiedziały twierdząco na poszczególne pytania dotyczące wyświetlanych tablic

Etap trzeci badania to odczytywanie znaków alfanumerycznych z trzech tablic położonych w różnych odległościach od obserwatora. Bliższa z tablic, znajdująca się 15,5 m od oczu badanego nie była problemem dla respondentów. Dla wszystkich testowanych urządzeń ilość poprawnie odczytanych znaków wyniosła 100 %. Druga tablica odległa o 37,5 m okazała się możliwa do odczytania dla wszystkich badanych jedynie na goglach Oculus Rift, jednak na wszystkich urządzeniach liczba poprawnie odczytanych znaków wyniosła minimum 96%. Trzecia i tym samym najdalsza tablica okazała się trudnością dla wszystkich urządzeń, jednak największą dla Oculus Rift, który uzyskał najniższy wynik w tej grupie – 51 % poprawnie odczytanych znaków. Znacznie wyżej bo na poziomie 70 % znalazły się dotychczas najgorzej wypadające okulary Cardboard. Najlepiej poradziły sobie natomiast gogle Hykker VR Glasses 3D z wynikiem 77 % poprawnie odczytanych znaków.



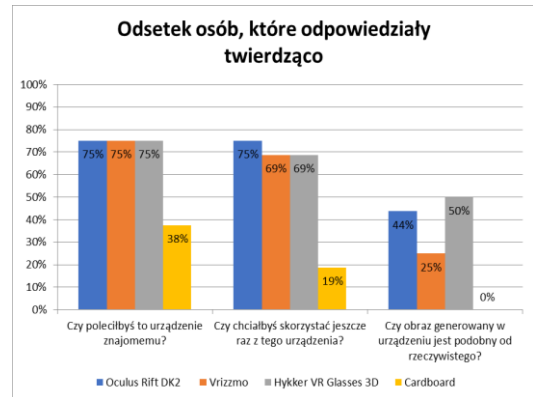
Rys. 13. Prezentacja procentowego rozkładu poprawnie odczytanych znaków z poszczególnych tablic

Etapem czwartym było opisanie swoich wrażeń i odczuć z użytkowania testowanych urządzeń. Zadano 13 pytań, z czego w pierwszych 10 badani oceniali w skali punktowej od 1 do 5 (gdzie 1 to najgorsza ocena, a 5 to najlepsza), natomiast na trzy pozostałe pytania odpowiadali tak lub nie. Średnie wyniki punktowe po zsumowaniu wszystkich odpowiedzi, prezentuje poniższy wykres.



Rys. 14. Prezentacja średniej liczby punktów otrzymanych w ankiecie dla danych urządzeń

Na kolejne trzy pytania dopuszczone odpowiedzi brzmiały tak lub nie. Tutaj również im wyższy wynik, tym lepiej oceniane urządzenie.

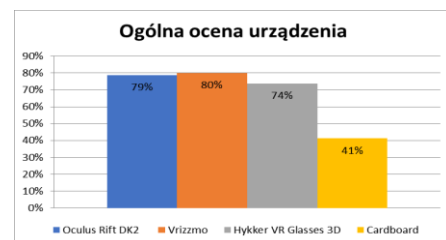


Rys. 15. Prezentacja procentowego rozkładu osób, które odpowiedziały twierdząco na poszczególne pytania dotyczące urządzeń

Wyznaczenie najlepszych okularów do wirtualnej rzeczywistości nie jest łatwe. Konieczne było zadanie wielu pytań i przebadanie dużej liczby osób w tym celu. Mimo to każde urządzenie było najlepsze chociaż w jednej rozpatrywanej kategorii, co jeszcze bardziej utrudniało znalezienie najlepszego urządzenia. Autorzy opracowali cztery metody ostatecznego porównania ze sobą okularów:

- Porównanie ogólnej oceny urządzenia, nadanej przez badanych
- Porównanie liczby kryteriów, w których urządzenie było najlepsze
- Przyznanie punktów za zajęte miejsca w każdej z kategorii i wyciągnięcie średniej z tych punktów
- Przyznanie punktów za zajęte miejsca w każdej z kategorii i wyliczenie mediany.

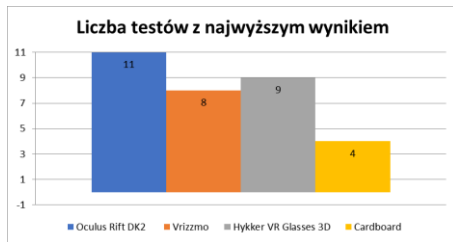
Według pierwszej metody najlepszym urządzeniem są okulary Vrizzmo, jednak ten sposób może nie być do końca wiarygodny. Okulary te były najlepsze jedynie w dwóch kategoriach spośród 8 wcześniej badanych, ponadto na przykładzie okularów Cardboard – ich ostateczna ocena niekoniecznie musi równać się z wcześniej uzyskanymi wynikami. Okulary Vrizzmo uzyskały w 7 z 8 poprzednich testów noty niższe lub równe ogólnej ocenie.



Rys. 16. Prezentacja procentowego rozkładu maksymalnej ilości punktów w ogólnej ocenie urządzeń

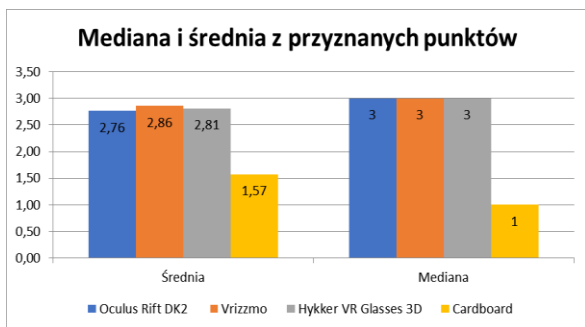
Drugi sposób oceniania wskazuje, że najlepsze są gogle Oculus Rift. Za najwyższy wynik w każdym z pomiarów, w każdym z etapów, przyznawany był jeden punkt. Jeśli najwyższy wynik osiągnęło jednocześnie więcej niż jedno

urządzenie, każde z nich dostawało punkt. Następstwem tego jest fakt, że po przeprowadzeniu 21 różnego rodzaju testów, ilość punktów na wykresie nie sumuje się do 21.



Rys. 17. Prezentacja liczby testów, w których dane urządzenie osiągnęło najwyższy wynik

Trzecia i czwarta metoda wymaga odrobiny przygotowań i wyliczeń. Zakładając, że za najwyższy wynik w teście przyznane zostają 4 punkty, za drugi najwyższy 3, następnie 2, a za najniższy 1 punkt, można przypisać ilość punktów do każdego z testów, dla każdego z urządzeń. W przypadku, gdy więcej niż jedno urządzenie zajmuje któreś z miejsc, przyznawana jest mu średnia z ilości dostępnych punktów dla tego miejsca, np. dwa urządzenia z najwyższym wynikiem otrzymują średnią z dwóch najwyższych not punktowych – 3,5 punktu. Po dokonaniu wszystkich wyliczeń, wyniki prezentują się następująco:



Rys. 18. Mediana i średnia z przyznanych punktów

W trzecim sposobie, podobnie jak w pierwszym, najlepszymi okularami okazują się być Vrizzmo, osiągając 2,86 punktu na 4 możliwe (71 % punktów). Blisko za nimi znalazły się okulary Hykker z wynikiem 2,81 punktu (70 %), dalej Oculus Rift osiągając średnią 2,76 punktu (69 %). Jak widać różnica między najwyższą ilością punktów a drugą najniższą wynosi tylko 2 punkty procentowe, co należy uznać za bardzo zbliżony wynik. Ostatnie miejsce zajmują okulary Cardboard z wynikiem 1,57 z 4 punktów (39 %).

W przypadku mediany zbliżenie wyników jest jeszcze większe. Oculus Rift, Vrizzmo oraz Hykker osiągnęły medianę na poziomie 3 punktów, natomiast Cardboard z medianą wynoszącą 1 znalazł się na końcu.

4. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że użytkownicy cenią sobie mobilność urządzeń. W tym aspekcie Oculus Rift DK2 zdecydowanie przegrał, ze

względem na kable oraz komputer niezbędne do poprawnego działania. Pozostałe okulary do poprawnego działania wymagają jedynie smartfona. Dzięki temu użytkownik posiada nieograniczony zakres ruchów i może dowolnie się przemieszczać oraz zabrać urządzenie w każdą podróż. Kolejnym niezwykle ważnym aspektem jest wygoda umocowania na głowie. Daje się zauważyć, że użytkownicy cenią sobie ten aspekt, gdyż pozwala on cieszyć się wirtualnym światem, bez użycia rąk. Dlatego też w tej dziedzinie zdecydowanie przegrywa Cardboard, ze względu na brak mocowania- urządzenie należy trzymać w dłoniach.

Według badanych Hykker VR Glasses 3D wyświetla obraz, w szczególności krawędzie obiektów, najostrej oraz pozwala na dostrzeżenie szczegółów znajdujących się najdalej.

Badani wskazali urządzenie Oculus Rift DK2 jako to, które wyświetla obraz najpłynniej. Komputer, do którego podłączono Oculus posiada kartę graficzną NVIDIA GeForce GTX 1080, czterordzeniowy procesor Intel Core i7 oraz 16 GB pamięci RAM. Smartfon użyty do wyświetlenia obrazów w pozostałych goglach to LG G6 wyposażony w czterordzeniowy procesor Qualcomm Snapdragon 821, 4 GB pamięci RAM oraz układ graficzny Adreno 530. W momencie przeprowadzenia badania smartfon ten oferuje czołowe osiągi w swojej kategorii. Można zatem stwierdzić, że urządzenia mobilne nie są jeszcze w stanie dorównać pod względem płynności działania komputerom. Ciekawą kwestią są znaczne różnice w ocenie płynności między trzema goglami, które do wyświetlania obrazu używają tego samego smartfona. Na taki wynik mogą się składać inne elementy, którymi charakteryzują się konkretne okulary: ostrość wyświetlanego obrazu, zasięg dokładnego widzenia, czy poziom zmęczenia oczu. Kilku respondentów przyznało, że obraz w okularach Hykker VR Glasses 3D jest nienaturalnie wyostrojony, dodatkowo zauważyli, iż jest on wyświetlany w proporcjach 4:3, przez co obraz jest węższy. Powodem takiego rezultatu może być materiał oraz jakość wykonania soczewek, co może również przekładać się na uczucie gorszej lub lepszej płynności wyświetlanego obrazu. Podobnie kilku respondentów skarżyło się na zmęczenie oczu po skorzystaniu z niektórych modeli. Warto podkreślić, że każde oko postrzega inaczej dany obraz oraz inaczej reaguje na bodźce zewnętrzne. Efektem tego są rozbieżności w ocenie, jednak próba 16 osób w różnym wieku, korzystających z 4 modeli gogli VR, pozwala wyciągnąć pewne wnioski i znaleźć okulary, które w najmniejszym stopniu wpływają na zmęczenie oczu.

Można uznać, że respondenci nie kierowali się ceną, gdyż w celu uwiarogodnienia wyników, nie zostali o niej poinformowani przed wykonaniem badań. Zostali oni poinformowani o aktualnych cenach dopiero po zakończeniu ankiety. Ceny przedstawiają się następująco (stan na listopad 2018):

- Oculus Rift DK2 około 1000 zł
- Vrizzmo około 150 zł
- Hykker VR Glasses 3D około 40 zł
- Cardboard około 10 zł

Analizując uzyskane wyniki można dojść do wniosku, że nie ma urządzenia idealnego, które spełnia wszelkie oczekiwania. Przed zakupem gogli VR należy zastanowić się nad oczekiwaniami wobec sprzętu i w zależności od potrzeb wybrać najodpowiedniejsze. Jak wynika z przeprowadzonego badania najdroższe urządzenie niekoniecznie jest najlepsze.

Podsumowując, mimo, że Oculus Rift DK2 osiągnął najlepsze oceny w największej liczbie kategorii, w większości przypadków jego przewaga nad Hykker VR Glasses 3D nie była znacząca. Biorąc pod uwagę 25 razy wyższą cenę i niską dostępność urządzenia, warto wziąć pod uwagę okulary Hykker, jako poważną alternatywę dla tego typu rozwiązania. Nie tylko cena jest argumentem przemawiającym za tym wyborem. Gogle te są nieporównywalnie bardziej dostępne w Polsce, jak również osiągnęły wyższe wyniki w kategorii mobilności, ostrości krawędzi, zasięgu widzenia oraz wagi urządzenia od gogli Oculus Rift.

Literatura

- [1] *Wykorzystanie rozszerzonej rzeczywistości we współczesnych systemach informatycznych*, Szymczyk T. Prace Instytutu Elektrotechniki, zeszyt 261, 2013.
- [2] <http://www.historyofinformation.com/expanded.php?id=4543> [marzec 2018]
- [3] http://www.miastogier.pl/wiki,strona-2592,historia_vr.html [marzec 2018]
- [4] <http://histografy.pl/wp-content/uploads/2017/01/sensorama.jpg> [listopad 2018]
- [5] https://pbs.twimg.com/media/CUyQ_SqWIAAq7Yi.jpg [listopad 2018]
- [6] <https://flashbak.com/wp-content/uploads/2014/11/PA-9197076-1024x678.jpg> [listopad 2018]
- [7] <https://www.wired.com/2009/09/augmented-reality-the-ultimate-display-by-ivan-sutherland-1965/> [marzec 2018]
- [8] <https://www.oculus.com/blog/dk2s-now-shipping-new-0-4-0-sdk-beta-and-comic-con/> [maj 2018]
- [9] <https://twitter.com/brendaniribe/status/565888922362728449> [maj 2018]
- [10] https://et.wikipedia.org/wiki/Oculus_Rift#/media/File:Oculus_Rift_development_kit_2.jpg [listopad 2018]
- [11] https://en.wikipedia.org/wiki/Oculus_Rift#/media/File:Oculus-Rift-CV1-Headset-Front.jpg [listopad 2018]
- [12] <https://www.polygon.com/virtual-reality/2018/5/1/17284454/oculus-go-review> [maj 2018]
- [13] A Review Paper on Oculus Rift - A Virtual Reality Headset - Parth Rajesh Desai, Pooja Nikhil Desai, Komal Deepak Ajmera, Khushbu Mehta, *U.G. students, Electronics and Telecommunication Department, DJSCOE, Vile Parle (W), Mumbai 400056, India. International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT) –Volume 13 Number 4 – Jul 2004*
- [14] <https://www.digitaltrends.com/virtual-reality/oculus-rift-vs-htc-vive/> [maj 2018]
- [15] <https://riftinfo.com/oculus-rift-specs-dk1-vs-dk2-comparison> [maj 2018]
- [16] <http://www.benchmark.pl/aktualnosci/oculus-go-samodzielne-gogle-vr-za-199-dolarow.html> [maj 2018]
- [17] <https://arstechnica.com/gaming/2018/05/oculus-go-review-the-wireless-vr-future-begins-today-for-only-199/> [maj 2018]
- [18] Souppouris A., How HTC and Valve built the Vive, <https://www.engadget.com/2016/03/18/htc-vive-an-oral-history/> [maj 2018]
https://pl.wikipedia.org/wiki/Google_Cardboard#/media/File:Assembled_Google_Cardboard_VR_mount.jpg [listopad 2018]
- [19] Souppouris A., How HTC and Valve built the Vive, <https://www.engadget.com/2016/03/18/htc-vive-an-oral-history/> [maj 2018]
- [20] *How HTC and Valve built the Vive*, Aaron Souppouris, www.engadget.com, <https://www.engadget.com/2016/03/18/htc-vive-an-oral-history/> [maj 2018]
- [21] *HTC's Vive Pro will add more pixels to an otherwise familiar-looking VR system*, Sam Machkovech, www.arstechnica.com, <https://arstechnica.com/gaming/2018/01/htcs-vive-pro-will-add-more-pixels-to-an-otherwise-familiar-looking-vr-system/> [maj 2018]
- [22] *Oculus Rift vs. Vive Pro*, Jon Martindale, www.digitaltrends.com, <https://www.digitaltrends.com/virtual-reality/oculus-rift-vs-vive-pro/> [maj 2018]
- [23] https://en.wikipedia.org/wiki/HTC_Vive [maj 2018]
- [24] *New HTC Vives Weigh 15% Less Than They Did at Launch*, Ben Lang, www.roadtovr.com, <https://www.roadtovr.com/htc-vive-weight-15-percent-lighter-than-original-headset-vs-oculus-rift-comparison/> [maj 2018]
- [25] https://vr.google.com/intl/pl_pl/cardboard/get-cardboard/ [maj 2018]
- [26] <https://news.samsung.com/global/gear-vr-how-samsung-makes-virtual-reality-a-reality> [maj 2018]
- [27] <https://eazlblog.com/tag/customer-interviews/> [listopad 2018]