

Comparison of the most popular operating systems in terms of functionalities

Porównanie najpopularniejszych systemów operacyjnych pod względem funkcjonalności

Marek Mucha*, Jacek Lato*, Tomasz Szymczyk

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

Abstract

The main purpose of research is comparison of the following modern operating systems: Windows 10, Windows 11, MacOS Catalina and Linux Ubuntu 20.04 LTS. An analysis was made in terms of functionalities and time needed to perform basic activities. The systems were selected on the basis on performed popularity analysis, by using StatCounter statistic. To study each operating system it was necessary to create two test stands corresponding to the requirements of the systems. Conducted research were divided on two sections. In the first one, analysis of the possessed functionalities, assessment of the advancement and ease of using them was performed. In the second section, examination was carried out to compare the operating system in terms of the time of performing specific activities.

Keywords: operating systems; functionalities; comparative analysis

Streszczenie

Głównym celem artykułu jest porównanie następujących współczesnych systemów operacyjnych: Windows 10, Windows 11, MacOS Catalina oraz Linux Ubuntu 20.04 LTS. Dokonano analizy pod względem funkcjonalności i czasu potrzebnego na wykonanie podstawowych czynności. Systemy wybrano na podstawie przeprowadzonej analizy popularności, przy użyciu statystyk StatCounter. Do zbadania wszystkich systemów konieczne było przygotowanie dwóch stanowisk badawczych odpowiadających wymaganiom systemów. Przeprowadzone badania zostały podzielone na dwie części. W pierwszej, nastąpiła analiza posiadanych funkcjonalności oraz ocena zaawansowania i łatwości użycia. W drugiej części, zostało przeprowadzone badanie mające na celu porównanie systemów pod względem czasu wykonywania określonych czynności.

Słowa kluczowe: systemy operacyjne; funkcjonalności; analiza porównawcza

*Corresponding author

Email address: marek.mucha1@pollub.edu.pl (M. Mucha), jacek.lato@pollub.edu.pl (J. Lato)

©Published under Creative Common License (CC BY-SA v4.0)

1. Wstęp

Wraz z rozwojem technologicznym w wieku XX zaczęły powstawać pierwsze urządzenia powszechnie znane, jako komputer. Działania podczas II wojny światowej zmotywowały naukowców do poszukiwania szybszego sposobu wykonywania obliczeń [1, 2]. W ten sposób powstał komputer Atanasoff-Berry Computer. Do roku 1973 za jeden z pierwszych komputerów uznawano ENIAC [3], który został stworzony przez J.P. Eckerta i J.W. Mauchly'ego w 1946 roku. Wywarło to zauważalny wpływ na kolejne urządzenia takie jak np. UNIVAC, EDVAC [4]. Duża liczba rezystorów, kondensatorów, przełączników, przekaźników i innych elementów składowych skutkowało wielkimi gabarytami urządzenia oraz rekordowym na tamten czas taktowaniem 0.1 MHz. Do poprawnego działania niezbędna była czasochłonna obsługa operatorów, którzy musieli sami programować i przełączać styki, komutatory a jakiegokolwiek błędy powodowały spore opóźnienia. Opisywane urządzenie służyło głównie do całkowania równań balistycznych i obliczania trajektorii pocisków morskich [5]. W późniejszych latach komunikacja na linii komputer - użytkownik została uproszczona przy pomocy systemów operacyjnych.

Celem niniejszego artykułu jest przeanalizowanie kilku wybranych współczesnych systemów operacyjnych dla stacji roboczych pod względem oferowanych funkcjonalności. W tym celu zostały wybrane dwa systemy z rodziny uniksowych: macOS Catalina oraz Linux - Ubuntu a także dwa systemy z rodziny Windows NT: Windows 10 i Windows 11. Przy wyborze analizowanych systemów przeprowadzono analizę rynku na podstawie danych zebranych z StatCounter [6]. Porównanie zostało wykonane dla systemów klasy desktop oraz z perspektywy zwykłego użytkownika, którego główne doświadczenia związane są ze środowiskiem Windows.

W artykule opisano dwie części badań: praktyczną oraz teoretyczną zawierającą analizę. Część praktyczna obejmuje instalacje systemów, przygotowanie wszystkich niezbędnych plików, poleceń, sprawdzenie wszystkich parametrów oraz posiadanych funkcji a w części teoretycznej są podsumowane wszystkie otrzymane wyniki na podstawie przeprowadzonych badań z części praktycznej.

W związku z przeprowadzaniem analiz i badań zostały postawione dwie hipotezy:

H1: System macOS potrzebuje najmniej czasu na wykonanie podstawowych czynności.

H2: System Windows 11 posiada największą liczbę funkcjonalności.

2. Materiały i metody

2.1. Analiza rynku pod względem popularności

Użytkownik komputera stacjonarnego ma duży wybór systemów operacyjnych, które znajdują się na rynku. Według statystyk [6] niezmiennie na czele zestawienia plasują się systemy z rodziny Windows. Na rysunku 1 przedstawiono wykres popularności pod względem całego świata. W latach 2009-2021 ten system był najczęściej wybierany i instalowany na komputerach stacjonarnych na świecie. W 2009 roku aż 94,73% użytkowników zdecydowało się na wybór Windowsa. Jednakże, na przełomie lat można zauważyć duże spadki popularności i obecnie w 2021 popularność wynosi 74,77%.

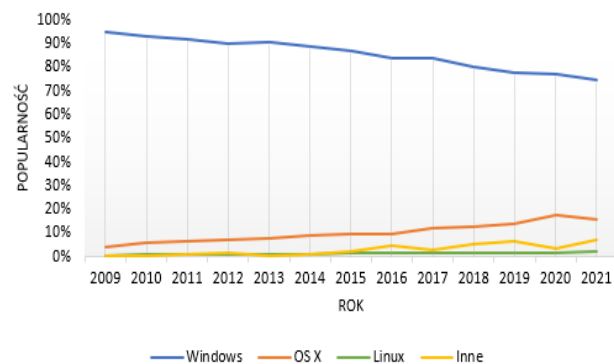
Na drugim miejscu w zestawieniu popularności na świecie znajdują się systemy z rodziny OS X, czyli macOS. W 2009 roku popularność tego oprogramowania wynosiła 4,27%, ale co roku liczba użytkowników wzrasta i obecnie wynik wynosi 16,04%. Duża różnica popularności może wynikać z tego, że macOS jest systemem zamkniętym i można go zainstalować tylko i wyłącznie na urządzeniach dedykowanych. Co za tym idzie liczba urządzeń, na których można używać tego oprogramowania jest o wiele bardziej ograniczona niż w przypadku Windowsa czy Linuxa a cena urządzeń dedykowanych jest znacznie wyższa niż w przypadku innych o podobnych parametrach sprzętowych. Duża dysproporcja cenowa jest uwarunkowana tym, że firma Apple optymalizuje swoje oprogramowanie do danych podzespołów, co wpływa na to, że sprzęt przez kilka następných lat nie traci tyle na wartości oraz na wydajności jak w przypadku innych producentów.

Na trzecim miejscu w tym zestawieniu została scharakteryzowana kategoria „inne”. W skład tej grupy wchodzi takie systemy jak ChromeOS, Android, Playstation, nieznane itp. Wynik 6,99% w 2021 roku może wskazywać na to, że dużo użytkowników szuka alternatyw dla popularnych systemów oraz prawdopodobnie różnych modyfikowanych systemów. Wysoka pozycja w zestawieniu popularności wynika także z faktu, że systemy tych producentów są także często wykorzystywane w urządzeniach mobilnych takich jak telefony i tablety.

Na czwartej pozycji znajduje się Linux, który podobnie jak OS X, co roku zyskuje na popularności. Głównym znakiem rozpoznawalnym tego systemu jest otwarty kod źródłowy i fakt, że użytkownik może go modyfikować. W 2009 roku popularność wynosiła 0,69% a w 2021 roku jest to 2,20%. Wpływ na tak małą popularność może wynikać z małej ilości dodatkowego oprogramowania dla typowych użytkowników takie jak: gry, programy czy sterowniki oraz potrzeba zaawansowanej wiedzy do wykorzystania pełni możliwości systemu. W związku z tym systemy Linux są najprawdo-

podobniej częściej wykorzystywane jako systemy serwerowe a rzadziej jako stacje robocze.

Porównanie systemów operacyjnych na całym świecie. Okres 2009-2021



Rysunek 1: Analiza porównawcza popularności systemów na świecie w latach 2009-2021 [6].

2.2. Opis systemów

Na podstawie analizy rynku autorzy do dalszego badania wybrali cztery różne systemy operacyjne:

Windows 10 - system operacyjny od Microsoft [7, 8]. Zaprezentowany został w lipcu 2015 roku. Microsoft zrobił ukłon w stronę użytkowników i wypuszczając go na rynek pozwolił na darmową aktualizację na tę wersję z systemu Windows 7 oraz Windows 8.1. Podstawową zmianą w tym systemie była eliminacja niedoskonałości, które były związane ze źle odebrany interfejsem użytkownika stworzonym w systemie Windows 8.1.

Windows 11 – najnowsza wersja systemu od Microsoft [9], zaprezentowana 24 czerwca 2021 roku. Tak jak w przypadku wersji Windows 10 producent znowu poszedł w kierunku użytkowników i pozwala na darmową aktualizację do wersji 11 z wersji 10. Oficjalne wydanie zostało zaplanowane na 5 października 2021. Podstawowymi zmianami w odniesieniu do ostatniej wersji jest zmieniony interfejs użytkownika pod względem wizualnym.

MacOS Catalina - szesnaste wydanie systemu z rodziny macOS (wcześniej rodzina nosiła nazwę OS X) od firmy Apple [10, 11]. Zaprezentowany został 3 czerwca 2019 roku a wydany w październiku. Jest to system przystosowany do pracy na komputerach Macintosh, urządzeniach, które dzięki rozwiązaniom projektowych oraz doborze odpowiednich podzespołów (m. in. mikroprocesora) już od pierwszych wersji stały się niezastąpioną dedykowaną platformą sprzętową dla produktów Apple [12]. Zmiany wprowadzone w tej wersji systemu były poczynione by zapewnić lepszą spójność z pozostałymi urządzeniami firmy Apple – iPad i iPhone.

Ubuntu 20.04 LTS - Ubuntu jest systemem operacyjnym stworzonym i rozwijanym przez firmę Canonical [13-15]. Pierwsza wersja oparta o wersję Debian została wydana w 2004 roku i od tego czasu wychodzą coraz to nowsze wersje. Bardzo szybko dystrybucja spotkała się z pozytywnym odbiorem stając się jednym z najpopularniejszych systemów z rodziny Linux na świe-

cie. System działa na zasadzie licencji GNU GPL (General Public Licence) [16]. Dodatkowo, systemy Linux wspierają szybki rozwój technologii internetowych [17].

2.3. Scenariusze badawcze

W związku z prowadzonymi badaniami zostały przygotowane dwa scenariusze badawcze mające na celu pokrycie całego obszaru badań.

2.3.1. Scenariusz badawczy – część pierwsza

1. Na podstawie przeanalizowanej literatury [18-21] oraz własnych doświadczeń wyszczególnienie sprawdzanych funkcjonalności.
2. Przygotowanie stanowiska badawczego dla systemu Windows 10, Windows 11, Linux oraz macOS.
3. Instalacja wybranego systemu operacyjnego.
4. Utworzenie i zdefiniowanie metodyki porównawczej kryterium oceny punktowej.
5. Wylczenie sumarycznej wartości punktowej dla każdego systemu operacyjnego.

2.3.2. Scenariusz badawczy – część druga

1. Przygotowanie stanowiska badawczego dla systemu Windows 10, Windows 11, Linux oraz macOS.
2. Instalacja czystej wersji systemu – czas mierzony stoperem od momentu pojawienia się ekranu powitalnego z wyborem języku instalacji do momentu pojawienia się ekranu pulpitu po instalacji. W pomiarze zawarte są interakcje użytkownika takie jak kliknięcia i wprowadzanie wymaganego tekstu (np. nazwa użytkownika i hasło). Cała dodatkowa konfiguracja, która nie była konieczna do czasu instalacji była pomijana. Dla każdego systemu proces instalacji wyglądał jednakowo.
3. Ingerencje użytkownika podczas instalacji – liczba kliknięć i wprowadzeń tekstu wymagana przez użytkownika w celu ukończenia podstawowej instalacji systemu operacyjnego.
4. Wyszukiwanie wymaganych aktualizacji – czas mierzony stoperem, który minął od ręcznego wyszukiwania aktualizacji do czasu rozpoczęcia ich pobierania.
5. Instalacja i konfiguracja wszystkich aktualizacji – czas mierzony stoperem od momentu potwierdzenia instalacji aktualizacji do momentu zakończenia instalacji i konfiguracji.
6. Liczba ponownych uruchomień - liczba restartów systemu wymaganych do pełnej konfiguracji nowo zainstalowanych aktualizacji.
7. Ilość zajmowanego miejsca przez system operacyjny przed aktualizacjami - ilość zajmowanego miejsca na dysku przez system operacyjny zaraz po instalacji, bez żadnych dodatkowych aktualizacji oraz sterowników.
8. Ilość zajmowanego miejsca przez system operacyjny po aktualizacjach – ilość zajmowanego miejsca na dysku przez system operacyjny po wykonaniu wszystkich zalecanych aktualizacji.
9. Uruchomienie systemu operacyjnego – czas mierzony stoperem od momentu kliknięcia przycisku

włączającego komputer na stacji roboczej do czasu wyświetlenia pulpitu z dołączeniem logowania.

10. Wyłączenia systemu operacyjnego – czas mierzony stoperem od momentu kliknięcia “zamknij” do momentu wyłączenia się stacji roboczej.
11. Przypisanie adresu IP do interfejsu sieciowego – czas mierzony stoperem od momentu podpięcia kabla sieciowego do stacji roboczej do momentu uzyskania adresu IP. Dla każdego systemu uwzględniono taki sam warunek przypisania adresu sieciowego i jest nim zmiana ikony symbolizującej interfejs sieciowy.
12. Przenoszenie danych w obrębie tego samego dysku – czas mierzony stoperem od momentu rozpoczęcia przenoszenia danych z partycji A do czasu przeniesienia wszystkich danych na partycję B w obrębie tego samego dysku, na którym znajduje się system operacyjny.
13. Przenoszenia danych z dysku SSD na dysk komputera – czas mierzony stoperem od momentu rozpoczęcia przenoszenia danych z dysku zewnętrznego typu SSD poprzez kabel USB do momentu przeniesienia kompletu danych na dysk typu SSD zainstalowanego w komputerze. W danym punkcie obrano następujące kryteria:
 - Próba 1: 1 plik o rozmiarze 10 GB, przenoszony z użyciem graficznego interfejsu użytkownika
 - Próba 2: 10 plików o takim samym rozmiarze, gdzie suma wszystkich wynosi 10 GB, przenoszonych z użyciem graficznego interfejsu użytkownika
 - Próba 3: 100 plików o takim samym rozmiarze, gdzie suma wszystkich wynosi 10 GB, przenoszonych z użyciem graficznego interfejsu użytkownika
14. Sprawdzenie wykorzystania podstawowych podzespołów bez obciążenia - sprawdzenie wykorzystania podzespołów komputera przy pracy jałowej, przy czystym systemie z zainstalowanymi aktualizacjami bez uruchomionych dodatkowych programów. Pomiar przeprowadzono po 3 minutach od pełnego uruchomienia systemu.
15. Komunikacja z urządzeniem optycznym DVD po magistrali szeregowej - czas mierzony stoperem od momentu podłączenia napędu optycznego z płytą CD do portu USB do czasu aż w systemie pojawi się ikona symbolizująca podłączony nowy napęd z płytą.
16. Kompresja plików - czas mierzony stoperem od momentu rozpoczęcia kompresji do momentu pełnej kompresji danych. Dodatkowo zapisywane były rozmiary plików po kompresji. W danym punkcie obrano następujące kryteria:
 - Próba 1: 1 plik o rozmiarze 10 GB, kompresowany z użyciem graficznego interfejsu użytkownika.
 - Próba 2: 10 plików o takim samym rozmiarze, gdzie suma wszystkich wynosi 10 GB, kom-

presowany z użyciem graficznego interfejsu użytkownika.

- Próba 3: 100 plików o takim samym rozmiarze, gdzie suma wszystkich wynosi 10 GB, kompresowany z użyciem graficznego interfejsu użytkownika.

17. Czas dekompresji plików - czas mierzony stoperem od momentu rozpoczęcia dekompresji do momentu pełnej dekompresji danych. Dodatkowo zapisywane były rozmiary plików po dekompresji. W danym punkcie obrano następujące kryteria:

- Próba 1: 1 plik o rozmiarze 10 GB, dekompresowany z użyciem graficznego interfejsu użytkownika.
- Próba 2: 10 plików o takim samym rozmiarze, gdzie suma wszystkich wynosi 10 GB, dekompresowany z użyciem graficznego interfejsu użytkownika.
- Próba 3: 100 plików o takim samym rozmiarze, gdzie suma wszystkich wynosi 10 GB, dekompresowany z użyciem graficznego interfejsu użytkownika.

2.4. Stanowiska badawcze

Stworzone zostały dwa stanowiska badawcze:

- maszyna referencyjna dla systemów Windows oraz Linux,
- maszyna referencyjna, dedykowana przez producenta dla systemu macOS.

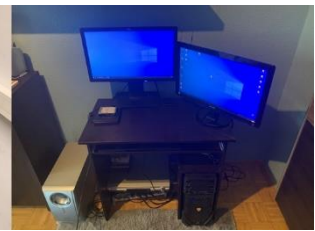
Tabela 1: Specyfikacja pierwszego i drugiego stanowiska badawczego

Rodzaj systemu	Windows, Linux		macOS
Nazwa własna	---		Mac mini (Late 2012)
Procesor	Intel Core i5-2320		Intel Core i7-3615QM
Taktowanie procesora	3,00 GHz – 3,30 GHz		2,30 GHz – 3,30 GHz
Liczba rdzeni fizycznych	4		4
Liczba rdzeni logicznych	4		8
Rozmiar pamięci ram	16 GB		16 GB
Typ pamięci	DDR3		DDR3
Taktowanie pamięci	1333 MHz		1600 MHz
Karta graficzna	NVIDIA GeForce RTX 2060S		Intel HD Graphics 4000
Magistrala szeregową	USB 2.0		USB 2.0
Rodzaj dysku	HDD	SSD	HDD
Pojemność dysku	250 GB	512 GB	1000 GB
Prędkość obrotowa	5400 obr/min	--	5400 obr/min
Prędkość przesyłu danych	300 MB/s	6 GB/s	300 MB/s

a)



b)



Rysunek 2: Widok pierwszego oraz drugiego stanowiska badawczego.

a) Stanowisko badawcze przeznaczone dla systemu macOS.

b) Stanowisko badawcze przeznaczone dla systemów Windows 10, 11 oraz Linux Ubuntu 20.04 LTS.

2.5. Metodyka badawcza

Na podstawie prowadzonych badań zostały sporządzone dwie metodyki potrzebne do oceny punktowej funkcjonalności oraz oceny badań.

2.5.1. Metodyka oceny punktowej posiadanych funkcjonalności

Analiza systemu pod względem posiadanych funkcjonalności według wyznaczonego kryterium oceniania:

Jeśli dany system posiada daną funkcjonalność – otrzymuje 1 punkt, w przeciwnym wypadku otrzymuje 0 punktów.

Na podstawie stopnia zaawansowania i łatwości użycia zostaje przydzielona ocena z zakresu 0-5 punktów, w odniesieniu do pozostałych przypadków oraz uwzględniając wykonywanie operacji przez przeciętnego użytkownika systemu operacyjnego, gdzie:

0 punktów – brak danej funkcjonalności

1 punkt – funkcjonalność trudna do odszukania oraz konfiguracji, wymagająca odnalezienia dodatkowych informacji np. w instrukcjach lub poradnikach, oferująca najmniejszy zakres cech dodatkowych.

2 punkty – funkcjonalność trudna do wyszukania, oraz konfiguracji, niewymagająca dodatkowych pomocy zewnętrznych, oferująca małą liczbę dodatkowych opcji.

3 punkty – funkcjonalność o przeciętnej łatwości wyszukania, posiadająca wystarczający zakres opcji oraz niepowodująca trudności konfiguracyjnych.

4 punkty – funkcjonalność łatwa do wyszukania, posiadająca uproszczoną konfigurację oraz oferująca średni zakres dodatkowych opcji.

5 punktów – funkcjonalność bardzo łatwa do wyszukania, posiadający ergonomiczny interfejs, przyjazdy dla użytkownika. Oferuje duży zakres dodatkowych opcji.

2.5.2. Metodyka oceny badań

Systemy zostaną przeanalizowane pod względem czasu potrzebnego na wykonanie podstawowych czynności niezbędnych dla zwykłego użytkownika w odniesieniu do pracy przy użyciu graficznego interfejsu użytkownika. Dodatkowo, wszystkie systemy zostaną porównane pod względem podstawnych cech: wykorzystanie podzespołów, liczba niezbędnych ingerencji użytkownika

przy wykonaniu określonej czynności, ilość zajmowanego miejsca na dysku przed i po aktualizacji. Wszystkie systemy zostaną zainstalowane i sprawdzone na dysku twardym HDD. Wszystkie wyniki zostaną uśrednione w celu określenia miary tendencji centralnej oraz miary położenia rozkładu.

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} \quad (1)$$

gdzie x_i jest wartością przyjętą przez i -tą obserwację, n jest liczebnością badanej zbiorowości.

Następnie zostanie wyliczone odchylenie standardowe próbki w celu określenia jak bardzo poszczególne wyniki odbiegają od siebie. Pozwoli to na określenie, który system jest w stanie wykonywać poszczególne operacje najstabilniej (najmniejsze wartości odchylenia). Jest to istotny aspekt dla codziennego używania systemu, ponieważ mogą pojawić się duże odchylenia, co będzie zauważane przez użytkownika gołym okiem.

$$\sigma = \frac{1}{\sqrt{V_i}} \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{(n-1)}} \quad (2)$$

gdzie x jest średnią wartością próbki, n jest wielkością próbki.

3. Wyniki badań

3.1. Opracowane wyniki analizy funkcjonalności systemów

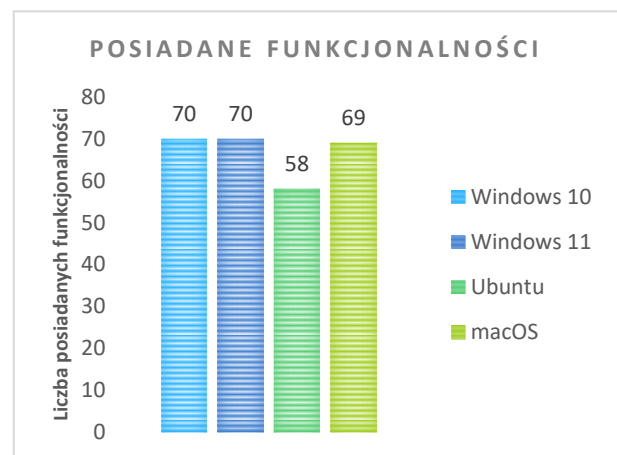
Wszystkie cztery systemy tj. Windows 10, Windows 11, macOS Catalina oraz Ubuntu 20.04 LTS zostały sprawdzone pod względem posiadanych funkcjonalności. W tabeli 2 zostały zaprezentowane wartości punktowe w zależności od systemu operacyjnego i kategorii funkcjonalności.

Tabela 2: Wartości punktowe analizy funkcjonalności systemów

System operacyjny	Windows 10	Windows 11	Ubuntu	macOS
Zabezpieczenia				
Liczba punktów	60	60	36	67
Aktualizacje				
Liczba punktów	20	20	11	20
Produktywność				
Liczba punktów	48	48	31	51
Komunikacja				
Liczba punktów	21	24	2	25
Sterowanie				
Liczba punktów	12	12	6	15
Dostępność				
Liczba punktów	19	20	15	25
Zgodność				
Liczba punktów	35	28	25	22

Wbudowane aplikacje				
Liczba punktów	35	36	42	46
Wygląd/Interfejs				
Liczba punktów	20	24	20	22
Funkcjonalności z instalowania i konfiguracji systemu				
Liczba punktów	22	29	40	20

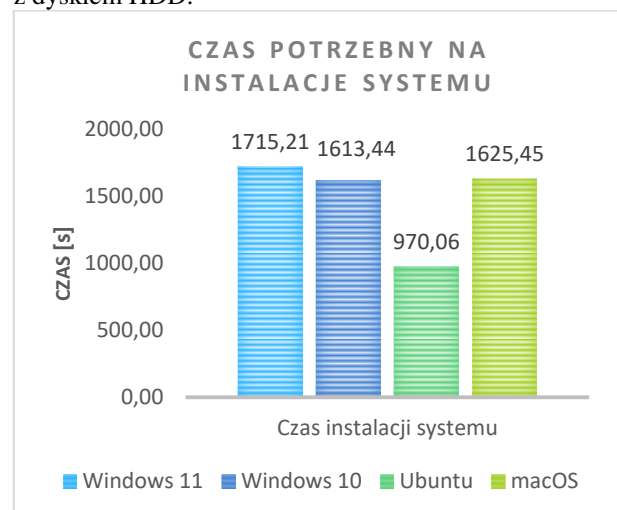
Na Rysunku 3 przedstawiono zestawienie posiadanych funkcjonalności w zależności od systemu operacyjnego. Łączna liczba wszystkich weryfikowanych cech wynosi 84.



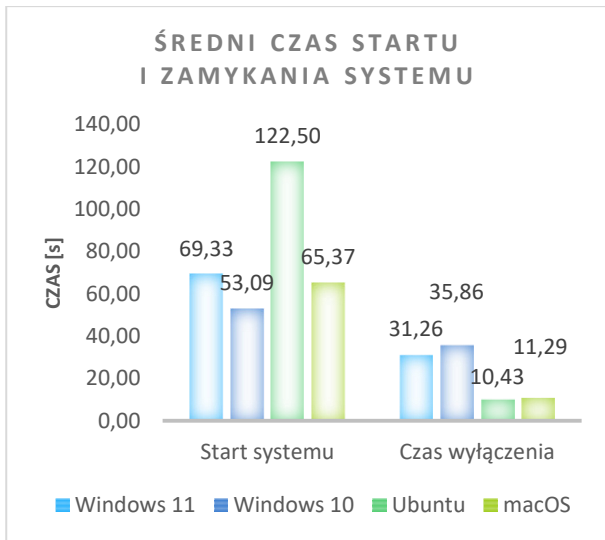
Rysunek 3: Liczba posiadanych funkcjonalności.

3.2. Opracowane wyniki badań dla systemów z dyskiem HDD

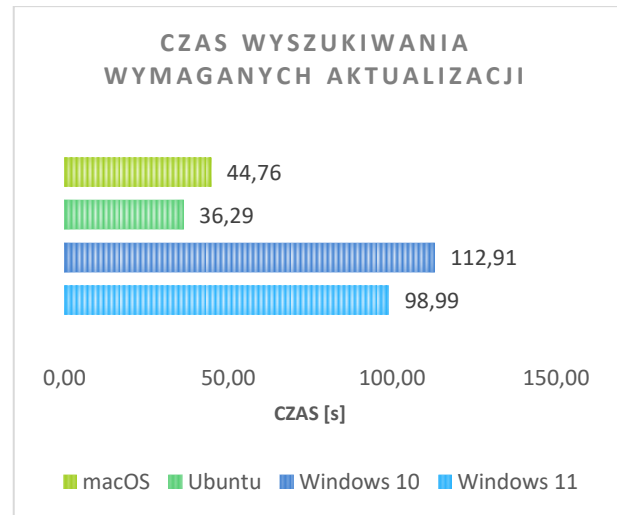
Na rysunkach od 4 do 14 przedstawiono porównanie wyników dla wszystkich badanych systemów z dyskiem HDD.



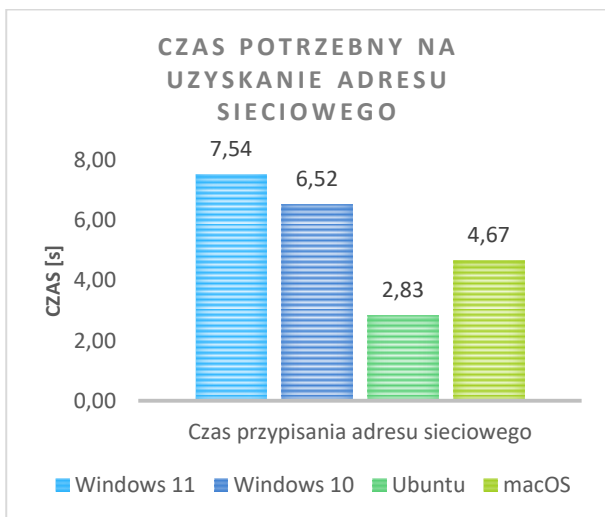
Rysunek 4: Analiza porównawcza czasu instalacji systemu.



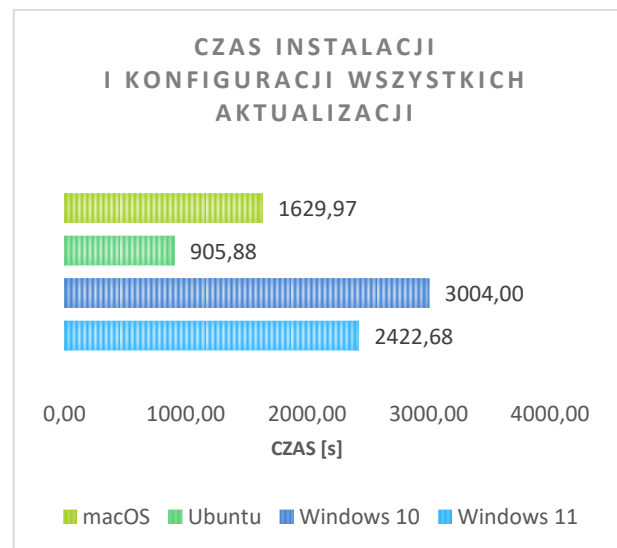
Rysunek 5: Analiza porównawcza czasu uruchomienia i zatrzymania systemu.



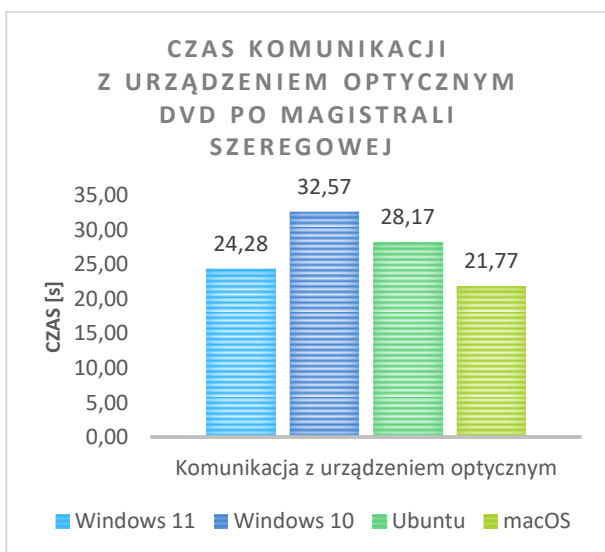
Rysunek 8: Analiza porównawcza czasu wyszukiwania aktualizacji.



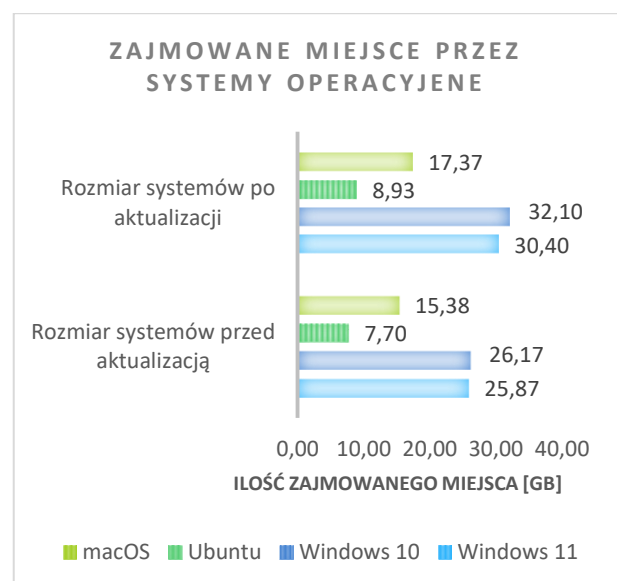
Rysunek 6: Analiza porównawcza czasu potrzebnego na uzyskanie adresu sieciowego.



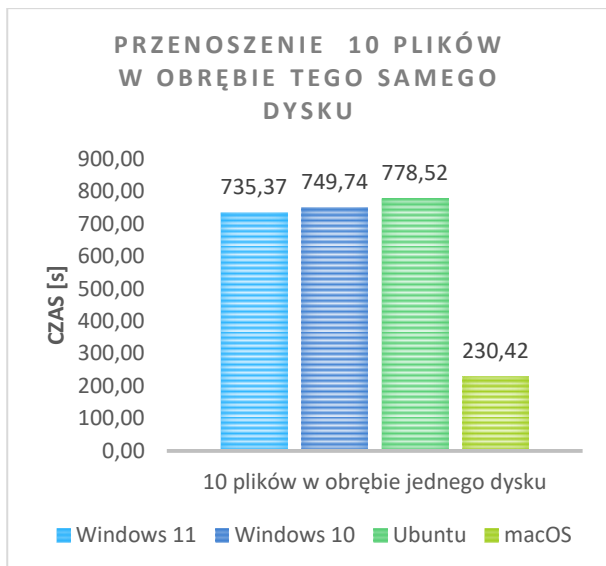
Rysunek 9: Analiza porównawcza czasu instalacji i konfiguracji aktualizacji.



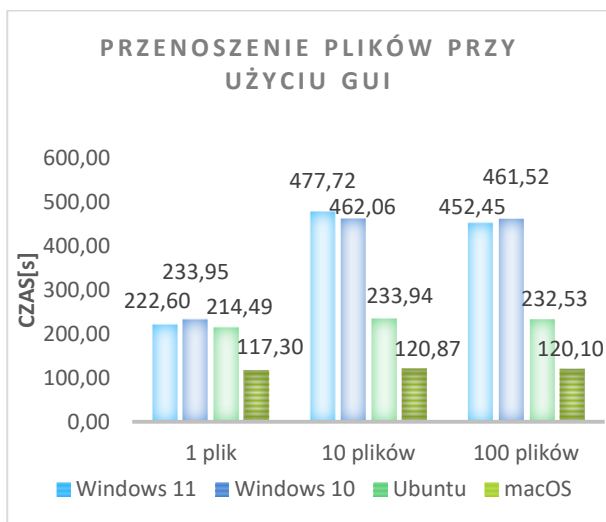
Rysunek 7: Analiza porównawcza czasu komunikacji z urządzeniem optycznym DVD.



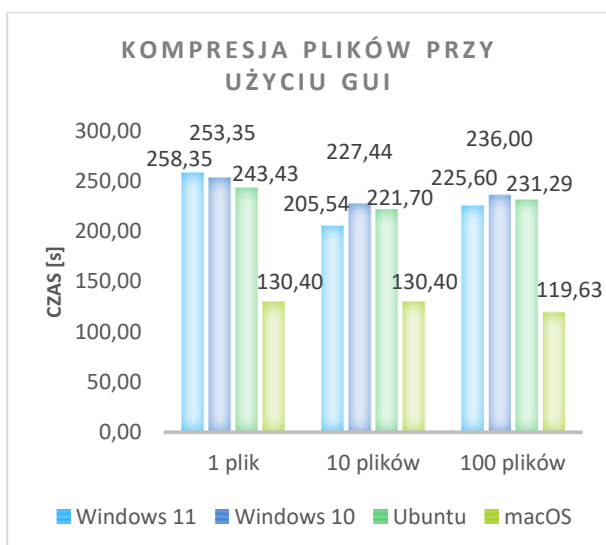
Rysunek 10: Analiza porównawcza rozmiaru systemu po instalacji oraz aktualizacji.



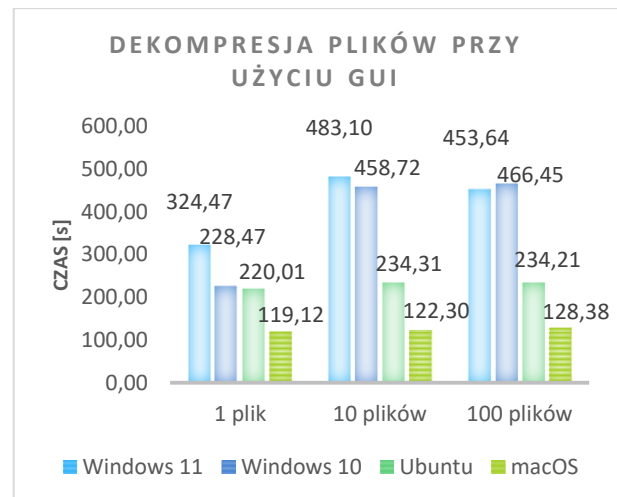
Rysunek 11: Analiza porównawcza czasu przenoszenia plików plaskich w obrębie jednego dysku.



Rysunek 12: Analiza porównawcza czasu przenoszenia plików.



Rysunek 13: Analiza porównawcza czasu kompresji plików.



Rysunek 14: Analiza porównawcza czasu dekompresji plików.

4. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonej analizy można stwierdzić, że Windows 11 i Windows 10 posiada największą liczbę funkcjonalności. W związku z tym postawiona hipoteza „System Windows 11 posiada największą liczbę funkcjonalności” została odrzucona. Taka sama liczba funkcjonalności w systemach z rodziny Windows NT najprawdopodobniej wynika z faktu, że firma Microsoft bardzo często wypuszcza aktualizacje systemu, które pozwalają korzystać użytkownikom starszej wersji systemu z nowych funkcjonalności. Zważając na ten fakt, porównanie tych dwóch systemów jest ciężkie w ocenie, ponieważ granica pomiędzy systemami w pewnym czasie się zaciera.

W przypadku systemu macOS można zauważyć, że aplikacje i funkcjonalności są lepiej dopracowane. Wskazuje na to fakt wyższych ocen w kategoriach: zabezpieczenia, komunikacja, produktywność, komunikacja, sterowanie, dostępność oraz wbudowane aplikacje. System Ubuntu 20.04 LTS osiągnął najsłabszy wynik punktowy w kontekście posiadanych funkcjonalności. Pomimo tego, że miał nawet więcej wbudowanych aplikacji niż systemy z rodziny Windows NT, to ich jakość znacząco odbiegała od standardów oferowanych w pozostałych systemach. Tak samo prezentuje się kwestia ocen funkcjonalności.

W drugiej części prac badawczych wszystkie systemy zostały przeanalizowane pod względem czasu wykonywania podstawowych czynności systemowych. Na siedem pomiarów z ogólnego porównania najlepiej zaprezentował się Ubuntu 20.04 i pięciokrotnie osiągnął najkrótszy czas. macOS Catalina okazał się najszybszy przy teście komunikacji po magistrali szeregowej z urządzeniem optycznym a Windows 10 potrzebował najmniejszą liczbę czasu na uruchomienie systemu. Windows 11 prezentował bardzo porównywalne wyniki do innych systemów, ale z żadnych z ww. czynności nie osiągnął najlepszego rezultatu. W dalszej części, badania zostały oparte na operacjach związanych z plikami. System macOS Catalina potrzebował najmniejszą liczbę czasu przy każdej z tych czynności oraz odchylenie standardowe próbek było bardzo niskie, co świadczy, że

system wykonywał każdą próbę w podobnym czasie. Windows 10 i Windows 11 we wszystkich sprawdzanych czynnościach potrzebowały podobną liczbę czasu i różnica pomiędzy systemami często oscylowała między 10%.

Odnosząc się do postawionej hipotezy „System macOS potrzebuje najmniejszą liczbę czasu na wykonanie podstawowych czynności” podczas badań została potwierdzona. Analizując wyniki okazało się, że system macOS Catalina na 26 testów różnych funkcjonalności dwudziestokrotnie potrzebował najmniej czasu na wykonanie czynności.

Literatura

- [1] P. N. Edwards, The closed world: Systems discourse, military strategy and post WWII American historical consciousness, *AI & Society* 2 (1988) 245–255.
- [2] G. O'Regan, The First Digital Computers, *A Brief History of Computing*, Springer (2021) 53-70.
- [3] Historia związana z stworzeniem pierwszego komputera – ENIAC, <http://www.komputer.cuprum.pl/historia/22-eniac.html>, [06.11.2021].
- [4] J. W. Cortada, The ENIAC's influence on business computing, 1940s-1950s, *IEEE Annals of the History of Computing* 28 (2006) 26-28.
- [5] G. O'Regan, EDVAC and ENIAC Computers, *The Innovation in Computing Companion*, Springer (2018) 113-117.
- [6] Porównanie systemów pod względem popularności, <https://gs.statcounter.com/os-market-share/desktop/worldwide>, [05.11.2021].
- [7] K. Dziedzic, Najważniejsze funkcje Windows 10 w pigułce, Ringier Axel Springer Polska, 2020.
- [8] A. Szelaąg, Windows 10 PL. Optymalizacja i zaawansowane zarządzanie systemem, Helion 2015.
- [9] Dokumentacja Windows, <https://docs.microsoft.com/en-us/windows/>, [05.11.2021].
- [10] Oficjalna dokumentacja do systemu macOS, https://developer.apple.com/documentation/macos-release-notes/macos-catalina-10_15-release-notes, [05.11.2021].
- [11] A. Jopek, J. Klopp, P. Marczyński, macOS Catalina. Proste poradniki, Proste Poradniki 2021.
- [12] F. Guterl, Design case history: Apple's Macintosh: A small team of little-known designers, challenged to produce a low-cost, exceptionally easy-to-use personal computer, turns out a technical milestone, *IEEE Spectrum* 21 (1984) 34-43.
- [13] Oficjalna dokumentacja do systemu Ubuntu, <https://help.ubuntu.com/>, [05.11.2021].
- [14] A. Hundson, P. Hudson, Ubuntu LTS. Księga eksperta, Helion 2010.
- [15] Przewodnik po Ubuntu, 20.04 LTS, <https://www.tomekmarszal.pl/dokumenty/Przewodnik%20Ubuntu%2020.04%20LTS%20Focal%20Fosa.pdf>, [05.11.2021].
- [16] Założenia licencji GNU GPL, <https://www.gnu.org/licenses/gpl-3.0.html>, [05.11.2021].
- [17] W. K. Sedano, M. Salman, Auditing Linux Operating System with Center for Internet Security (CIS) Standard, *International Conference on Information Technology, ICIT 2021 – Proceedings, IEEE* (2021) 466-471.
- [18] Artykuł naukowy o porównaniu Windowsa i Linuxa, <https://www.computereconomics.com/article.cfm?id=1128>, [05.11.2021].
- [19] C. K. Bourne, Linux Tools, Application Administrators Handbook, Morgan Kaufmann 2013.
- [20] K. Kowalczyk, Porównanie kosztów rozwiązań serwerowych na przykładzie systemów Windows i Linux, *Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu, Nowoczesne technologie informacyjne w zarządzaniu* nr 986 (2003) 408-415.
- [21] Porównanie Windowsa, Linuxa, macOS, <https://antyweb.pl/windows-macos-oraz-linux-pelne-wad-czyli-idealny-system-nie-istnieje>, [05.11.2021].