

Komparativna analiza Windows i Linux operacijskih sustava

Mustapić, Mateo

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Šibenik University of Applied Sciences / Veleučilište u Šibeniku**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:143:534852>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-26**

Repository / Repozitorij:

[VUS REPOSITORY - Repozitorij završnih radova Veleučilišta u Šibeniku](#)



VELEUČILIŠTE U ŠIBENIKU
ODJEL POSLOVNE INFORMATIKE
PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ POSLOVNA
INFORMATIKA

Mateo Mustapić

KOMPARATIVNA ANALIZA WINDOWS I LINUX
OPERACIJSKIH SUSTAVA

Završni rad

Šibenik, 2024.

VELEUČILIŠTE U ŠIBENIKU
ODJEL POSLOVNE INFORMATIKE
PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ POSLOVNA
INFORMATIKA

KOMPARATIVNA ANALIZA WINDOWS I LINUX
OPERACIJSKIH SUSTAVA

Završni rad

Kolegij: Operacijski sustavi

Mentor: Zvonimir Klarin, mag. ing. comp., predavač

Student: Mateo Mustapić

Matični broj studenta: 0177058704

Šibenik, rujan 2024.

KOMPARATIVNA ANALIZA WINDOWS I LINUX OPERACIJSKIH SUSTAVA

MATEO MUSTAPIĆ

O. Ante Gabrića 40, Metković; mateo.mustapic3@gmail.com

Operacijski sustavi čine osnovu digitalnih sustava, osiguravajući stabilnost, sigurnost i funkcionalnost za korisnike, poslužitelje i aplikacije. Ovaj rad pruža sveobuhvatnu komparativnu analizu dvaju dominantnih operacijskih sustava, Windowsa i Linuxa, s ciljem pomoći korisnicima u odabiru sustava koji najbolje odgovara njihovim potrebama. Analizirani su njihova arhitektura, povijesni razvoj, ključne značajke, prednosti i nedostaci, omogućujući jasniji uvid u njihove specifične prednosti i ograničenja. Rezultati pokazuju da Linux nadmašuje Windows u performansama i sigurnosti, što ga čini idealnim izborom za sigurnosno osviještene korisnike i poslužiteljske aplikacije. S druge strane, Windows privlači korisnike svojom jednostavnošću, fleksibilnošću i širokom kompatibilnošću, što ga čini popularnim među desktop korisnicima i u okruženjima koja zahtijevaju intuitivnost i podršku za raznovrsne aplikacije. Konačni izbor operacijskog sustava trebao bi se temeljiti na specifičnim potrebama korisnika, uzimajući u obzir funkcionalnosti koje su ključne za njihove specifične svrhe.

(60 stranica / 26 slika / 5 tablica / 22 literaturnih navoda / jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u digitalnom repozitoriju Knjižnice Veleučilišta u Šibeniku

Ključne riječi: Operacijski sustav, arhitektura, performanse, sigurnost

Mentor: Zvonimir Klarin, mag. ing. comp., predavač

Rad je prihvaćen za obranu dana: 16.9.2024.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Šibenik University of Applied Sciences

Bachelor's thesis

Department of Business Informatics

Undergraduate professional study of Business informatics

COMPARATIVE ANALYSIS OF WINDOWS AND LINUX OPERATING SYSTEMS

MATEO MUSTAPIĆ

O. Ante Gabrića 40, Metković; mateo.mustapic3@gmail.com

Operating systems form the foundation of digital systems, ensuring stability, security, and functionality for users, servers, and applications. This paper provides a comprehensive comparative analysis of the two dominant operating systems, Windows and Linux, aiming to help users choose the system that best suits their needs. Their architecture, historical development, key features, advantages, and disadvantages are examined, offering a clearer understanding of their specific strengths and limitations. The results show that Linux outperforms Windows in performance and security, making it an ideal choice for security-conscious users and server applications. On the other hand, Windows attracts users with its simplicity, flexibility, and broad compatibility, making it popular among desktop users and in environments that require intuitiveness and support for a diverse range of applications. The final choice of operating system should be based on the specific needs of the user, considering the functionalities that are critical for their particular purposes.

(60 pages / 26 figures / 5 tables / 22 references / original in Croatian language)

Thesis deposited in Polytechnic of Šibenik Library digital repository

Keywords: Operating system, architecture, performances, security

Supervisor: Zvonimir Klarin, mag. ing. comp., lecturer

Paper accepted: 16.9.2024.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. ARHITEKTURA OPERACIJSKIH SUSTAVA	2
2.1. Ključne komponente	2
2.2. Vrste arhitektura.....	3
2.2.1. Monolitna arhitektura.....	4
2.2.2. Mikrojezgrenata arhitektura.....	6
2.2.3. Modularna arhitektura.....	8
2.2.4. Hibridna arhitektura	9
3. WINDOWS OPERACIJSKI SUSTAV	11
3.1. Povijest i razvoj.....	11
3.2. Karakteristike i značajke	14
3.3. Arhitektura	15
3.4. Prednosti i nedostaci	17
4. LINUX OPERACIJSKI SUSTAV.....	19
4.1. Povijest i razvoj.....	19
4.2. Karakteristike i značajke	22
4.3. Arhitektura	24
4.4. Prednosti i nedostaci	26
5. POSLUŽITELJSKI OPERACIJSKI SUSTAVI	28
5.1. Ključne značajke	28
5.2. Vrste poslužiteljskih operacijskih sustava	29
5.3. Prednosti i nedostaci poslužiteljskih operacijskih sustava.....	31
6. KOMPARATIVNA ANALIZA.....	33
6.1. Usporedba performansi	33
6.1.1. Metodologija	33
6.1.2. Rezultati i diskusija.....	35
6.2. Sigurnosna analiza	43
6.2.1. Metodologija	43
6.2.2. Rezultati i diskusija.....	45
6.3. Komparativna analiza tržišnog udjela i područja primjene.....	50
6.3.1. Metodologija	51
6.3.2. Rezultati i diskusija.....	51
6.3.3. Područja primjene Linuxa i Windowsa.....	53
7. ZAKLJUČAK	56
LITERATURA	57
PRILOZI.....	59

1. UVOD

Operacijski sustavi igraju ključnu ulogu u današnjem digitalnom okruženju, omogućujući rad računala i mrežnih sustava. Bez njih, moderna informacijska tehnologija, koja je temelj gotovo svih poslovnih, industrijskih i društvenih aktivnosti, ne bi mogla funkcionirati na način koji danas poznajemo. U svijetu u kojem tehnologija ubrzano napreduje, operacijski sustavi (OS) postaju sve važniji, ne samo kao platforme za softver, već i kao ključni čimbenici u određivanju performansi, sigurnosti i ukupne učinkovitosti računalnih sustava. S obzirom na sve veću ovisnost o tehnologiji, izbor operacijskog sustava postaje ključna odluka s velikim utjecajem na uspjeh organizacija i pojedinaca. Na tržištu dominiraju Windows i Linux te odluka između njih važna je ne samo tehnički, već i strateški.

Cilj ovog rada je temeljito analizirati Windows i Linux operacijske sustave, istražiti njihovu arhitekturu, prikazati njihov povijesni razvoj, opisati poslužiteljske operacijske sustave te provesti komparativno istraživanje performansi, sigurnosti i tržišta. Namjera je pružiti korisnicima, administratorima i donosiocima odluka objektivne informacije za odabir operacijskog sustava koji najbolje odgovara njihovim potrebama.

Ostatak rada strukturiran je na sljedeći način. U drugom poglavlju prikazana je arhitektura operacijskih sustava, gdje se objašnjavaju ključne komponente i različite vrste arhitektura. Treće poglavlje posvećeno je Windows operacijskom sustavu, u kojem se analizira povijest i razvoj Windowsa, ključne karakteristike i značajke, arhitektura te prednosti i nedostaci ovog operacijskog sustava. Četvrto poglavlje obrađuje Linux operacijski sustav, uključujući povijest i razvoj Linuxa, njegove ključne karakteristike i značajke, arhitekturu te prednosti i nedostatke. Peto poglavlje bavi se poslužiteljskim operacijskim sustavima, gdje se istražuju njihove ključne značajke, vrste te prednosti i nedostaci korištenja ovih sustava. Šesto poglavlje sadrži komparativnu analizu Windows i Linux operacijskih sustava, provodeći usporedbu performansi, sigurnosnu analizu te analizu tržišnog udjela i područja primjene oba operacijska sustava. Na kraju, u sedmom poglavlju dan je zaključak rada, gdje su sažeti glavni nalazi istraživanja te ponuđene preporuke za buduća istraživanja i primjene operacijskih sustava.

2. ARHITEKTURA OPERACIJSKIH SUSTAVA

Operacijski sustav (engl. *Operating System, OS*) je program koji upravlja hardverom računala, pruža osnovu za aplikacijske programe i djeluje kao posrednik između korisnika i računalnog hardvera. Različiti operacijski sustavi izvršavaju ove zadatke na različite načine. Operacijski sustavi glavnih računala (engl. *mainframe computers*) prvenstveno su dizajnirani za optimizaciju korištenja hardverskih resursa, dok operacijski sustavi osobnih računala (engl. *personal computers, PCs*) podržavaju širok spektar aplikacija, uključujući složene igre, poslovne aplikacije i mnoge druge. Operacijski sustavi za osobna računala omogućuju jednostavno sučeljavanje korisnika s računalom radi izvršavanja programa. Stoga su neki operacijski sustavi dizajnirani za praktičnost, drugi za učinkovitost, a treći nude kombinaciju oboje. Budući da je operacijski sustav velik i složen, mora se razvijati postupno, dio po dio. Svaki od tih dijelova treba biti dobro definiran, s pažljivo specificiranim ulazima, izlazima i funkcijama.

Postoje četiri glavne arhitekture operacijskih sustava: monolitna, mikrojezgrena, modularna i hibridna. Monolitna arhitektura je jednostavna, ali učinkovita, s cjelokupnim sustavom izvršenim unutar jezgre. Mikrojezgra pruža samo osnovne usluge, dok se ostale komponente izvršavaju na korisničkoj razini. Modularni operacijski sustavi se temelje na razdvajanju sustava na manje, neovisne jedinice zvane moduli, što pruža veću fleksibilnost i prilagodljivost. Hibridni operacijski sustavi kombiniraju značajke i funkcije iz različitih arhitektura, poput monolitne i mikrokernela, kako bi postigli bolje performanse, fleksibilnost i sigurnost. Primjer takvog sustava je Windows NT¹, koji koristi mikrokernela za osnovne usluge, a monolitni kernel za upravljačke programe i podsustave.

Svaka od ovih arhitektura ima svoje prednosti i izazove, a izbor odgovarajuće arhitekture ovisi o specifičnim potrebama i zahtjevima sustava.

2.1. Ključne komponente

Operacijski sustav je kompleksan sustav koji se sastoji od nekoliko ključnih komponenti, a svaka od njih igra važnu ulogu u upravljanju i kontroliranju resursa računalnog sustava. Jedna od tih komponenti je upravljanje procesima (engl. *process management*). Ta komponenta je odgovorna za upravljanje izvršavanjem procesa i dretvi (engl. *thread*) u sustavu. Ona kontrolira

¹ Windows NT - poslovni operacijski sustav koji je Microsoft razvio 1993. godine, poznat po svojoj sigurnosti, stabilnosti, podršci za više platformi, i temeljnoj arhitekturi koja je postavila osnovu za sve kasnije verzije Windowsa. (Awati, Definition - Windows NT, 2023)

raspodjelu resursa poput CPU vremena i memorije kako bi se osiguralo učinkovito odvijanje procesa i aplikacija. Druga važna komponenta je upravljanje memorijom (engl. *memory management*). Ova komponenta dodjeljuje i oslobađa memorijske resurse sustava. Njezina uloga je osigurati da postoji dovoljno slobodne memorije za učinkovito funkcioniranje sustava te da se memorijski resursi pravilno raspoređuju među aktivnim procesima.

Upravljanje uređajima (engl. *device management*) je također ključna komponenta operacijskog sustava. Ova komponenta upravlja svim uređajima povezanim sa sustavom, uključujući tipkovnice, miševe, pisane i mrežne adaptere. Pruža standardizirano sučelje za komunikaciju između uređaja i operacijskog sustava te upravlja raspodjelom resursa kako bi se osiguralo učinkovito korištenje uređaja. Upravljanje datotekama (engl. *file management*) je još jedna ključna komponenta. Ova komponenta upravlja datotekama i direktorijima u sustavu, omogućujući korisnicima organizaciju, pristupanje i manipulaciju datotekama na računalu.

Komponenta upravljanja sigurnošću (engl. *security management*) igra važnu ulogu u zaštiti sustava. Ona kontrolira pristup resursima sustava, kao što su datoteke, mape i uređaji, te pruža mehanizme za autentifikaciju i autorizaciju korisnika kako bi se osiguralo da samo ovlašteni korisnici imaju pristup osjetljivim podacima. Upravljanje mrežom (engl. *network management*) je ključna komponenta za sustave povezane na mrežu. Ova komponenta omogućuje upravljanje mrežnim resursima, uključujući mrežne protokole, usluge i vezama između uređaja, te osigurava pouzdanu komunikaciju između računala na mreži.

Osim ključnih komponenti koje upravljaju unutarnjim funkcioniranjem operacijskog sustava, važnu ulogu ima i korisničko sučelje. Ono korisnicima pruža platformu za interakciju sa sustavom, bilo putem grafičkog korisničkog sučelja (engl. *graphical user interface, GUI*) ili sučelja naredbenog retka (engl. *command line interface, CLI*), omogućujući im pokretanje aplikacija, pristup datotekama i kontrolu sustava na intuitivan način.

2.2. Vrste arhitektura

Arhitektura operacijskog sustava određuje kako su njegove komponente organizirane i međusobno povezane, što utječe na način na koji sustav upravlja resursima, osigurava stabilnost i sigurnost, te pruža podršku aplikacijama i korisnicima. Postoje različite vrste arhitektura operacijskih sustava, od kojih svaka predstavlja jedinstveni pristup dizajnu i implementaciji jezgre, upravljačkih programa i drugih sustavnih komponenti. Odabir određene arhitekture može značajno utjecati na performanse, fleksibilnost, pouzdanost i mogućnosti održavanja sustava.

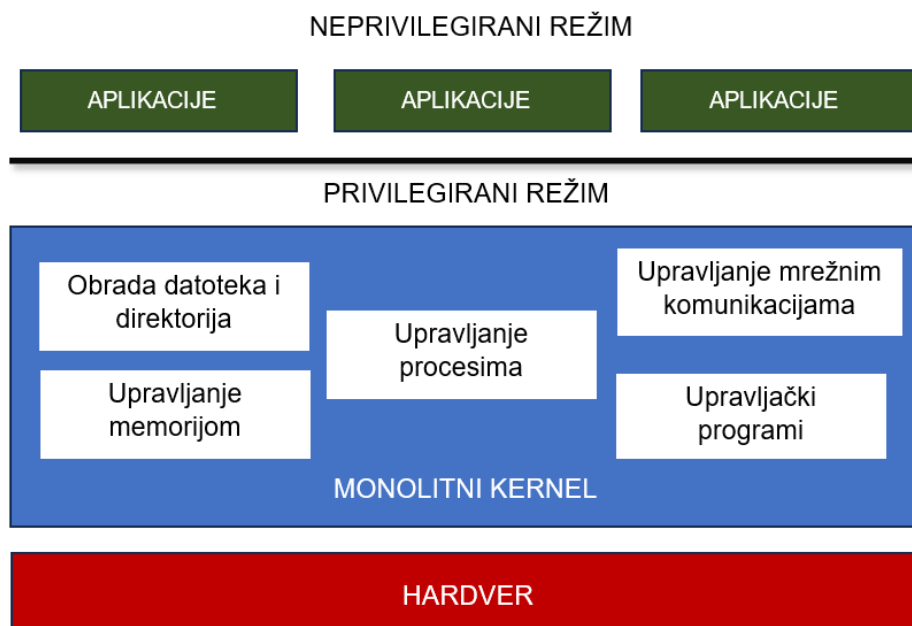
U ovom dijelu razmatrat ćemo četiri glavne vrste arhitektura operacijskih sustava: monolitnu, mikrojezgrenu, modularnu i hibridnu arhitekturu. Svaka od njih ima svoje karakteristike, prednosti i izazove koji odgovaraju specifičnim potrebama i ciljevima različitih računalnih sustava.

2.2.1. Monolitna arhitektura

Monolitni operacijski sustav je jednostavan sustav u kojem se upravljanje datotekama, memorijom, uređajima i procesima izravno kontrolira unutar kernela². Kernel ima pristup svim resursima sustava, a sve komponente operacijskog sustava smještene su unutar jezgre. Monolitni sustavi prvi put su se pojavili 1970-ih godina. Ovakav sustav poznat je i kao monolitna jezgra. Radi se o ranom tipu operacijskog sustava koji se koristio za jednostavne zadatke poput skupne obrade i zadataka dijeljenja vremena u bankama. Monolitni kernel djeluje kao virtualni stroj koji kontrolira sve hardverske komponente.

Monolitna jezgra (Slika 1) predstavlja arhitekturu operacijskog sustava u kojoj se cjelokupni sustav izvršava unutar jezgre. U ovoj arhitekturi, sve usluge operacijskog sustava, kao što su upravljanje procesima, konkurentnost i upravljanje memorijom, implementirane su unutar jezgre kroz skup primitiva ili sistemskih poziva. Također, upravljački programi uređaja mogu se dodavati u jezgru kao moduli. Prednosti monolitnog kernela uključuju brzo izvršenje zbog implementacije svih usluga unutar istog adresnog prostora te statičnu prirodu jezgre kao jedne binarne datoteke. Međutim, nedostatak monolitne jezgre leži u tome da ako bilo koja usluga zakaže, to može dovesti do kvara cijelog sustava, a dodavanje novih usluga zahtijeva modificiranje cijelog operacijskog sustava. Monolitna arhitektura operacijskog sustava ne prilagođava se specifičnim potrebama operacijskog sustava. Iako dizajn slijedi princip odvajanja odgovornosti, ne nastoji ograničiti privilegije dodijeljene pojedinim dijelovima operacijskog sustava. Cijeli operacijski sustav izvršava se s maksimalnim privilegijama. Komunikacijski troškovi unutar monolitnog operacijskog sustava jednaki su kao i kod bilo kojeg drugog softvera i smatraju se relativno niskima. (Monolithic Structure Of Operating System, 2024)

² Kernel - osnovni dio operacijskog sustava koji upravlja resursima računala i omogućuje komunikaciju između hardvera i softvera



Slika 1. Monolitni kernel, izvor: (*Monolithic Structure Of Operating System, 2024*)

Slika prikazuje arhitekturu monolitnog kernela, gdje su sve ključne komponente operacijskog sustava objedinjene u jezgru koja radi u privilegiranom režimu. Korisničke aplikacije nalaze se u neprivilegiranom režimu, što znači da nemaju izravan pristup hardveru te se oslanjaju na kernel za izvršavanje svojih zahtjeva. Komponente kao što su obrada datoteka, upravljanje mrežnim komunikacijama, memorijom i procesima te upravljački programi (engl. *drivers*) dijele isti adresni prostor unutar jezgre, što omogućava brzo izvršavanje, ali i povećava rizik jer kvar u jednoj komponenti može utjecati na cijeli sustav. Na dnu slike je prikazan hardver koji kernel izravno kontrolira, omogućujući pristup i upravljanje resursima.

Upravljački program za mikroracunala (engl. *Control Program for Microcomputers, CP/M*)³ i Diskovni operacijski sustav (engl. *Disk Operating System, DOS*)⁴ su jednostavni primjeri monolitnih operacijskih sustava u kojima aplikacije dijele zajednički adresni prostor. U CP/M-u, 16-bitni adresni prostor započinje sa sistemskim varijablama i aplikacijskim područjem te završava s tri ključna dijela operacijskog sustava, a to su *Console Command Processor (CCP)*, *Basic Disk Operating System (BDOS)* i *Basic Input/Output System (BIOS)*. Slično, u DOS-u, 20-bitni adresni prostor započinje nizom vektora prekida i sistemskim varijablama, nakon čega slijedi rezidentni dio DOS-a i aplikacijsko područje, te završava s

³ CP/M - operacijski sustav za 8-bitna mikroracunala, razvijen u kasnim 1970-ima od strane *Digital Research Inc.*, koji je omogućio standardizaciju softvera za osobna računala. (Ballejos, 2024)

⁴ DOS - operacijski sustav za osobna računala koji upravlja datotekama i izvršava programe putem komandne linije. Najpoznatija vezija DOS-a je MS-DOS (Microsoft Disk Operating System). (Klein, 2021)

memorijskim blokom koji koriste video kartica i BIOS.

Monolitna arhitektura pruža jednostavnu i laku implementaciju te bržu izvedbu zahvaljujući izravnom pristupu svim uslugama. Međutim, dodavanje novih značajki ili uklanjanje zastarjelih značajki je vrlo teško, a sigurnosni problemi su stalno prisutni jer ne postoji izolacija između različitih komponenti unutar kernela.

Monolitni operacijski sustav ima nekoliko ograničenja. Kôd napisan za ovakav operacijski sustav teško je prenijeti na druge sustave. Monolitni OS ima veću sklonost generiranju pogrešaka i bugova jer korisnički procesi koriste iste adrese kao i kernel. Dodavanje i uklanjanje značajki iz monolitnog OS-a vrlo je zahtjevno, jer je potrebno ponovno napisati i kompajlirati sav kôd kako bi se izvršile promjene. S druge strane, prednosti monolitnog operacijskog sustava uključuju njegovu jednostavnu strukturu, gdje su sve komponente potrebne za obradu ugrađene u kernel. Takav sustav je bolje prilagođen za obavljanje manjih zadataka jer može efikasno koristiti ograničene resurse. Budući da sve komponente mogu izravno komunicirati jedna s drugom i s jezgrom, monolitni operacijski sustav ima brz odziv i visoke performanse. Kôd za izradu monolitnog kernela je vrlo brz i robustan, što rezultira operacijskim sustavom koji je brz i učinkovit. Primjeri monolitnih jezgri su Linux i Windows NT.

2.2.2. Mikrojezgrena arhitektura

Mikrojezgra je jedna od vrsta kernela koja upravlja svim resursima sustava. Za razliku od monolitne arhitekture, mikrojezgrena arhitektura (Slika 2) implementira korisničke i kernel usluge u različitim adresnim prostorima. Korisničke usluge smještene su u korisničkom adresnom prostoru, dok su kernel usluge smještene u kernel adresnom prostoru, što smanjuje veličinu jezgre i operacijskog sustava.

Mikrojezgra pruža samo osnovne usluge upravljanja procesima i memorijom. Interakcija između klijentskih aplikacija i usluga koje se izvršavaju u korisničkom adresnom prostoru odvija se putem prosljeđivanja poruka, što može smanjiti brzinu izvršavanja mikrokernela. Operacijski sustav ostaje stabilan jer su kernel i korisničke usluge izolirane, a ako neka korisnička usluga zakaže, kernel ostaje nepromijenjen. Mikrojezgra je također proširiva, jer se nove usluge mogu dodati u korisnički adresni prostor bez izmjena u kernel prostoru. Osim toga, mikrojezgra je lagana, sigurna i pouzdana. Mikrojezgra i njezino korisničko okruženje obično su implementirani u jezicima C++ ili C, uz korištenje malog broja assemblera. Ipak, moguće je koristiti i druge programske jezike visoke razine za implementaciju nekih dijelova kôda.



Slika 2. Mikrojezrena arhitektura, izvor: (*Microkernel In Operating System, 2024*)

Slika 2 prikazuje strukturu mikrojezgre, koja uključuje osnovne funkcije poput planiranja procesa, upravljanja memorijom i međuprocene komunikacije. To je jedini program koji se izvršava na privilegiranoj razini, odnosno u kernel modu, dok se ostale funkcije operacijskog sustava premještaju u korisnički mod. Mikrojezgra omogućuje lakšu kontrolu kôda jer su usluge podijeljene u korisničkom prostoru. To znači da se samo neki kôd izvršava u kernel modu, što poboljšava sigurnost i stabilnost sustava.

Budući da je kernel najvažnija komponenta operacijskog sustava, odgovoran je za osnovne usluge. U ovoj arhitekturi, samo su najkritičnije usluge prisutne unutar kernela, dok su ostale usluge operacijskog sustava dostupne unutar aplikacijskog softvera. Korisnici mogu komunicirati s tim uslugama unutar aplikacija. Mikrojezgra je u potpunosti odgovorna za ključne usluge operacijskog sustava, uključujući međuprocenu komunikaciju (engl. *Inter-process Communication, IPC*), upravljanje memorijom i raspoređivanje (engl. *scheduling*) procesora (engl. *Central Processing Unit – CPU*).

Međuprocena komunikacija omogućuje interakciju između različitih procesa putem različitih mehanizama kao što su poruke, cjevovodi (engl. *pipes*), zajednička memorija (engl. *shared memory*), semafori (engl. *semaphores*) i mrežne priključnice (engl. *network sockets*). Ovi mehanizmi omogućuju procesima u korisničkom prostoru da razmjenjuju podatke i koordiniraju aktivnosti na siguran i kontroliran način. Upravljanje memorijom uključuje dodjelu prostora u glavnoj memoriji za procese, kao i stvaranje virtualne memorije. Virtualna memorija omogućuje da se procesi veći od glavne memorije podijele na dijelove koji se postupno pohranjuju u glavnu memoriju radi izvršavanja. CPU raspoređivanje određuje

redosljed izvršavanja procesa prema njihovom prioritetu, optimizirajući iskorištenje CPU-a i smanjujući vrijeme čekanja, vrijeme odziva i vrijeme obrade.

Mikrojezgra uključuje samo osnovne sustavne funkcije, dok se sve ostale nebitne komponente izvršavaju u korisničkom modu. Minimalne funkcionalnosti mikrojezgre obuhvaćaju algoritme za raspoređivanje procesora, upravljanje memorijom s adresnim prostorima i zaštitom memorije, te međuprocesnu komunikaciju koja omogućuje sigurno i učinkovito komuniciranje između različitih poslužitelja i procesa u korisničkom prostoru. Prednosti mikrojezgre uključuju sigurnost, modularnost, kompaktnost i izolaciju, fleksibilno proširenje te pouzdanost. S druge strane, nedostaci mikrojezgre obuhvaćaju potrebu za promjenom konteksta ili pozivanjem funkcija kod upravljačkih programa, veće troškove pružanja usluga te moguće neujednačene performanse sustava. Mikrojezgre su minimalni i jednostavni, sastavljeni od nekoliko osnovnih komponenata poput upravljačkih programa uređaja, osnovne međuprocesne komunikacije, raspoređivača i virtualne memorije. Komponente su jasno odvojene i komuniciraju putem IPC-a. Primjeri mikrojezgre su operacijski sustavi L4⁵ i QNX⁶. (Microkernel In Operating System, 2024)

2.2.3. Modularna arhitektura

Modularni operacijski sustav temelji se na konceptu razdvajanja sustava na manje, neovisne jedinice nazvane moduli, koji se mogu dinamički učitavati i uklanjati po potrebi. Ovi moduli mogu biti na razini korisnika ili jezgre, ovisno o tome rade li u istom ili zasebnom adresnom prostoru kao i jezgra. Korisnički moduli, poznati kao poslužitelji, komuniciraju s jezgrom i drugim poslužiteljima putem slanja poruka ili udaljenih poziva procedura. Moduli na razini jezgre, također poznati kao ekstenzije, komuniciraju s jezgrom i drugim ekstenzijama putem izravnih poziva funkcija ili zajedničkih struktura podataka. Modularni operacijski sustav može uključivati različite vrste modula, kao što su datotečni sustavi, upravljački programi uređaja, mrežni protokoli, sigurnosni mehanizmi i grafička korisnička sučelja.

Jedna od glavnih prednosti modularnog operacijskog sustava je njegova fleksibilnost i prilagodljivost. Korisnici mogu birati koje module uključiti ili isključiti ovisno o svojim potrebama, čime mogu optimizirati sustav za specifične zadatke ili aplikacije. Na primjer,

⁵ L4 - mikrokernelni operacijski sustav koji se temelji na minimalističkom pristupu jezgri, osiguravajući osnovne operativne funkcionalnosti s naglaskom na pouzdanost, sigurnost i skalabilnost. (Garland, 2003)

⁶ QNX - komercijalni operacijski sustav za ugradbene sustave koji se temelji na mikrokernelnoj arhitekturi, poznat po visokoj pouzdanosti i stabilnosti, često korišten u kritičnim aplikacijama poput medicinskih uređaja i automobilske industrije. (Marcoaldi, 2023)

mogu koristiti različite datotečne sustave ili mrežne protokole za različite uređaje. Modularni sustav također poboljšava pouzdanost i sigurnost, jer ako neki modul zakaže ili bude ugrožen, može se izolirati i zamijeniti bez utjecaja na ostatak sustava. Dodatna prednost je što se moduli mogu ažurirati i testirati neovisno, smanjujući rizik od uvođenja grešaka. Performanse sustava također se mogu poboljšati dinamičkim učitavanjem i uklanjanjem modula, čime se štede memorijski i CPU resursi.

Međutim, izgradnja modularnog operacijskog sustava donosi određene izazove i compromise. Jedan od glavnih izazova je osigurati dobro definirano i kompatibilno sučelje između jezgre i modula, kao i među samim modulima. Bez toga, može doći do problema u međusobnoj komunikaciji, što bi moglo uzrokovati nestabilnost sustava. Također, compromise između modularnosti i performansi može biti zahtjevan jer, iako modularnost može smanjiti veličinu kernela, može povećati latenciju komunikacije između modula. Nadalje, moduli mogu uzrokovati probleme pri nadogradnji ili integraciji ako nisu kompatibilni, a upravljanje verzijama i kompatibilnošću može postati složeno.

U konačnici, iako modularni operacijski sustav nudi mnoge prednosti, kao što su fleksibilnost, prilagodljivost i poboljšana sigurnost, izazovi povezani s njegovom izgradnjom i održavanjem zahtijevaju pažljivo planiranje i upravljanje kako bi se osigurala njegova učinkovitost i pouzdanost. Modularni operacijski sustavi su prisutni u stvarnom svijetu kroz različite dizajne i implementacijske pristupe. Primjerice, Linux koristi monolitni kernel koji podržava dinamičko učitavanje modula kernela (engl. *Loadable Kernel Module – LKM*)⁷. To omogućuje da se moduli, poput upravljačkih programa uređaja, podrške za različite datotečne sustave i mrežne protokole, umetnu ili uklone iz kernela tijekom izvođenja, bez potrebe za ponovnim pokretanjem sustava. Ovi moduli pomažu u proširivanju funkcionalnosti kernela, omogućujući fleksibilnost i prilagodljivost sustava. Na korisničkoj razini, poslužitelji kao što su *systemd* ili *X Window System* komuniciraju s kernelom i drugim poslužiteljima putem mehanizama kao što su priključnice ili cjevovodi, pružajući dodatnu slojevitost i modularnost u radu sustava. (How can you build a modular operating system?, 2024)

2.2.4. Hibridna arhitektura

Hibridni operacijski sustav integrira značajke i funkcije iz različitih arhitektura operacijskog sustava kako bi iskoristio njihove prednosti. Arhitektura operacijskog sustava

⁷ LKM - softverski modul koji se dinamički može učitati u jezgru operacijskog sustava radi proširenja njegove funkcionalnosti, omogućujući fleksibilnost bez potrebe za ponovnim pokretanjem sustava.

obuhvaća dizajn i implementaciju osnovnih komponenti kao što su kernel, upravljački programi, datotečni sustav i korisničko sučelje. Najčešće arhitekture uključuju monolitnu jezgru, mikrojezgru i egzoz jezgru.

Monolitne jezgre, kao što su one u Linuxu, Windowsu i macOS-u, obuhvaćaju velike programe koji rade u privilegiranom načinu rada i pružaju sve usluge korisničkim i aplikacijskim programima. Mikrojezgre, kao što su *QNX*, *Minix* i *Mach*, male su i rade u privilegiranom načinu rada, ali pružaju samo osnovne usluge poput međuprocenjske komunikacije, upravljanja memorijom i planiranja. Egzoz jezgre, kao što su *ExOS*, *Xok* i *Nemesis*, sastoje se od minimalnih programa koji omogućuju izravan hardverski pristup i zaštitu.

Hibridni operacijski sustavi, poput Windows NT-a, kombiniraju ove arhitekture kako bi postigli bolje performanse, fleksibilnost i sigurnost. Primjerice, mikrokernel se koristi za osnovne usluge, dok monolitni kernel upravlja upravljačkim programima i podsustavima. Ovaj pristup omogućava sustavu da balansira između učinkovitosti i robusnosti.

Hibridni operacijski sustavi mogu optimalno balansirati između brzine i modularnosti te podržavati različite vrste uređaja, aplikacija i podataka. Mikrojezgra se koristi za osnovne usluge koje zahtijevaju nisku latenciju i visoku stabilnost, dok monolitna jezgra pruža visoku propusnost i kompatibilnost za upravljačke programe. Egzoz jezgra je pogodna za uređaje kojima je potreban izravan pristup hardveru. Na ovaj način, hibridni sustavi izoliraju kvarove i pogreške, omogućujući stabilnost i sigurnost uz mogućnost ponovnog pokretanja komponenti u slučaju kvara.

Kombinacija različitih arhitektura u hibridnim operacijskim sustavima pruža fleksibilnost u zaštiti i kontroli pristupa. Mikrojezgra nudi visoku sigurnost i izolaciju, dok egzoz jezgra omogućuje izravan pristup uređajima. Ovakav pristup nudi ravnotežu između performansi, stabilnosti i kompatibilnosti, čime zadovoljava specifične potrebe korisnika. Razumijevanje komponenti i njihova pravilna konfiguracija ključni su za optimalne performanse i sigurnost hibridnih operacijskih sustava (LinkedIn, 2024).

3. WINDOWS OPERACIJSKI SUSTAV

Windows je operacijski sustav razvijen od strane tvrtke Microsoft koji upravlja osnovnim funkcijama računala i omogućuje korisnicima interakciju s hardverom i softverom. Pruža grafičko sučelje koje olakšava korištenje računala te je najrašireniji operacijski sustav na svijetu, posebno u osobnim računalima. Windows OS je poznat po svojoj kompatibilnosti s velikim brojem aplikacija i uređaja.

3.1. Povijest i razvoj

Windows 1.0, objavljen u studenom 1985., bio je prvi Microsoftov operacijski sustav s grafičkim korisničkim sučeljem u 16-bitnom formatu⁸, temeljenim na MS-DOS-u⁹. Usmjeren na korištenje miša, tada novog uređaja, uključivao je igru *Reversi* kako bi korisnicima pomogao da se naviknu na novi način interakcije s računalom. Windows 2.0, izdan u prosincu 1987., donio je preklapanje, minimiziranje i maksimiziranje prozora, kao i upravljačku ploču (engl. *control panel*) za centralizirano upravljanje postavkama. Ovo izdanje također je prvi put uključilo *Microsoft Word* i *Excel*, označavajući njihovu integraciju u Windows. Windows 3.0, lansiran 1990., postigao je veliki uspjeh i postao ozbiljan konkurent Appleovim Macintosh računalima. Uveo je podršku za MS-DOS programe unutar prozora, višezadaćnost, 256 boja i popularnu igru *Solitaire*. Windows 3.1, izdan 1992., uveo je *TrueType* fontove, čineći Windows održivom platformom za izdavaštvo, te prvi put uključio igru *Minesweeper*. Također je bio prvi Windows distribuiran na CD-ROM-u, s instalacijom koja je zauzimala 10 do 15 MB prostora na tvrdom disku.

Windows 95, lansiran u kolovozu 1995., donio je gumb i izbornik Start te "plug and play" funkcionalnost za automatsko prepoznavanje i instalaciju upravljačkih programa, iako u praksi nije uvijek bila pouzdana. Uveo je 32-bitno okruženje, programsku traku i poboljšanu višezadaćnost, dok je MS-DOS i dalje bio potreban za pokretanje nekih elemenata. *Internet Explorer* (IE) prvi se put pojavio na Windowsu 95 uz dodatni *Plus!* paket, a kasnije revizije uključivale su ga kao zadanu komponentu. Windows 98, objavljen u lipnju 1998., nadogradio je Windows 95 dodavanjem aplikacija poput IE 4, *Outlook Expressa*, *Windows Address Booka* te *Windows Media Playera*. Uveo je gumbe za navigaciju natrag i naprijed te adresnu traku u

⁸ 16-bitni format koristi 16 bita (2 bajta) za predstavljanje podataka, što može uključivati 16-bitne procesore, grafiku s 65536 boja, 16-bitni audio ili druge datoteke s 16-bitnom strukturom.

⁹ MS-DOS je operacijski sustav temeljen na komandnoj liniji, razvijen od Microsofta, koji je bio dominantan na osobnim računalima tijekom 1980-ih i ranih 1990-ih.

Windows Exploreru. Značajno je poboljšana podrška za *Universal Serial Bus* (USB), standard za povezivanje perifernih uređaja, što je omogućilo širu upotrebu uređaja poput USB čvorišta (engl. *hub*) i miševa, te je uveden univerzalni model upravljačkog programa kompatibilan sa svim budućim verzijama Windowsa.

Windows Millennium Edition (ME), izdan u rujnu 2000., bio je posljednji Windows operacijski sustav temeljen na MS-DOS-u i dio linije Windows 9x¹⁰. Namijenjen potrošačima, ME je paralelno izdan s poslovno orijentiranim Windowsom 2000, ali je ostao upamćen po čestim pogreškama, problemima s instalacijom i lošem korisničkom iskustvu. Ipak, uveo je nove alate za oporavak sustava, automatsko dovršavanje u *Windows Exploreru* i aplikacije poput IE 5.5, *Windows Media Player 7* i *Windows Movie Maker*. Windows 2000, objavljen u veljači 2000., temeljio se na stabilnijem sustavu Windows NT, koji je kasnije postao osnova za Windows XP. Uveo je automatsko ažuriranje i bio prvi Windows s podrškom za hibernaciju.

Windows XP, objavljen u listopadu 2001., ujedinio je Microsoftove operacijske sustave za tvrtke i potrošače na temelju sustava Windows NT, kao i Windows 2000, uz elemente prilagođene korisnicima iz Windows ME-a. Donio je osvježeni izgled s novim izbornikom Start, trakom zadataka i pozadinom "*Bliss*" te poboljšanja poput *ClearType*¹¹, tehnologije za bolju čitljivost teksta na LCD zaslonima. Također je imao ugrađenu funkcionalnost snimanja CD-ova, automatsku reprodukciju medija i pouzdane alate za ažuriranje i oporavak. S podrškom do 2014., XP je bio najdugovječniji Windows OS, ali njegova popularnost i nedostatak sigurnosnih mjera prema zadanim postavkama, kao što je isključen vatrozid (engl. *firewall*), učinili su ga podložnim napadima. To je potaknulo inicijativu "Računarstvo vrijedno povjerenja" (engl. *Trusted Computing*)¹² te izdavanje ažuriranja servisnog paketa koja su značajno ojačala sigurnost sustava Windows XP protiv napada. Windows XP ostao je dominantan do 2007. kada je zamijenjen Windows Vistom, koja je donijela novi izgled s prozirnim elementima, poboljšano pretraživanje i sigurnost. Razvoj Viste bio je izazovan, a zbog visoke potrošnje resursa i Kontrole korisničkog računa naišla je na kritike. Ipak, PC igrači su pozdravili podršku za *DirectX 10*¹³. Vista je uključivala *Windows Media Player 11*, IE 7,

¹⁰ Windows 9x je serija Microsoftovih operacijskih sustava temeljenih na MS-DOS-u, uključujući Windows 95, 98, 98 SE i ME.

¹¹ *ClearType* - tehnologija koju je razvio Microsoft za poboljšanje čitljivosti teksta na LCD zaslonima putem subpikselnog izoštravanja. (ClearType, 2020)

¹² Računarstvo vrijedno povjerenja poboljšava sigurnost računala pomoću kriptografskih čipova, provjere softvera pri pokretanju i vanjske provjere softvera, štiteći od zlonamjernog softvera i neovlaštenog pristupa.

¹³ *DirectX 10* je Microsoftov API za naprednu grafiku, objavljen s Windows Vistom. Donosi poboljšane vizualne efekte i optimizirane performanse, ali zahtijeva noviji hardver i nije kompatibilan s Windows XP-om. (Roach, 2023)

Windows Defender te je bila prvi Windows distribuiran na DVD-u.

Windows 7, objavljen u listopadu 2009., ispravljao je nedostatke Viste, fokusirajući se na stabilnost, brzinu i jednostavnost korištenja, uz manje promjene u izgledu. Uveo je prepoznavanje rukopisa i "pričvršćivanje" prozora na rubove zaslona. Zbog antimonopolskih istraga u Europi, korisnicima je pri instalaciji ponuđen izbor preglednika. Windows 7 je postao popularna nadogradnja za korisnike Windows XP-a. Windows 8, izdan u listopadu 2012., radikalno je promijenio sučelje uvođenjem početnog zaslona prilagođenog dodiru s dinamičnim pločicama (engl. *Live Tiles*)¹⁴ umjesto klasičnog izbornika *Start*. Iako je podržavao USB 3.0¹⁵ i uveo *Windows Store* s univerzalnim aplikacijama na cijelom zaslonu, naišao je na kritike korisnika stolnih računala zbog uklanjanja tradicionalnih elemenata. Windows 8.1, besplatno ažuriranje iz 2013., vratio je gumb *Start* i omogućio pokretanje izravno na radnu površinu, odgovarajući na povratne informacije korisnika. Unatoč tim poboljšanjima, mnogi su ga i dalje smatrali neprikladnim za stolna računala.

Windows 10, predstavljen 2015., bio je besplatna nadogradnja za korisnike Windowsa 7 i 8.1. Vratio je izbornik *Start* uz integraciju *Live Tiles* i dodao nove značajke poput digitalnog asistenta *Cortane*, preglednika *Microsoft Edge*, prozorskih aplikacija iz *Windows Storea*, virtualnih radnih površina te kontinuiranih ažuriranja. Cijenjen je zbog poboljšane stabilnosti i korisničkog iskustva, ali je izazvao kritike zbog obveznih ažuriranja i pitanja privatnosti. Windows 11, predstavljen 2021., donio je osvježeno sučelje s prozirnim pozadinama, zaobljenim rubovima i centraliziranim ikonama u programskoj traci. Zamijenio je *Live Tiles* aplikacijama i preporučenim datotekama te uklonio značajke poput *Cortane*, a *Internet Explorer* je u potpunosti zamijenjen preglednikom *Microsoft Edge*. Dobio je pozitivne kritike zbog sigurnosti i produktivnosti, ali je kritiziran zbog visokih sistemskih zahtjeva, uključujući TPM 2.0 čip.¹⁶

Windows operacijski sustavi temeljenih na arhitekturi Windows NT prošli su kroz brojne verzije, od Windowsa 2000 do najnovijeg Windowsa 11. Svaka verzija donijela je nove značajke i poboljšanja, ali i izazove s kojima su se korisnici i administratori morali suočavati (Tablica 1). Na primjer, Windows XP, poznat po svojoj stabilnosti i pristupačnom korisničkom

¹⁴ *Live Tiles* su interaktivne pločice na Windows početnom ekranu koje prikazuju ažurirane informacije u stvarnom vremenu. (Guim, 2015)

¹⁵ USB 3.0 je standard koji omogućuje prijenos podataka brzinom do 5 Gbps, što je oko 10 puta brže od USB 2.0. Također poboljšava učinkovitost napajanja i kompatibilan je s ranijim USB standardima. (Fisher, 2023)

¹⁶ TPM 2.0 je hardverski čip za sigurno pohranjivanje ključeva i zaštitu podataka, podržavajući funkcije poput *Secure Boot* i šifriranja diska. (Laukkonen, 2023)

sučelju, imao je sigurnosne probleme koji su zahtijevali česta ažuriranja. S druge strane, Windows 8, iako brži i optimiziran za nove uređaje, suočio se s kritikama zbog radikalno promijenjenog korisničkog sučelja koje mnogi korisnici nisu prihvatili. S vremenom, Microsoft je prilagođavao svoj pristup, pokušavajući balansirati između modernizacije sustava i očuvanja korisničkog iskustva. (Gibbs, 2014)

Tablica 1. Usporedba Windows NT distribucija

Naziv	Vrijeme izlaska	Prednosti	Nedostaci
Windows 2000	17. veljače 2000.	Stabilnost i sigurnost	Kompatibilnost s potrošačkim softverom
Windows XP	25. kolovoza 2001.	Stabilnost i korisničko sučelje	Sigurnost
Windows 7	22. listopada 2009.	Poboljšane performanse i korisničko sučelje	Nedostatak modernih sigurnosnih funkcija
Windows 8	26. listopada 2012.	Brzina i optimizacija za nove uređaje	Kontroverzno korisničko sučelje
Windows 8.1	17. listopada 2013.	Poboljšano korisničko iskustvo	Nedovoljno prihvaćanje korisnika
Windows 10	29. srpnja 2015.	Univerzalnost i integracija	Ažuriranja i privatnost
Windows 11	5. listopada 2021.	Modernizacija korisničkog iskustva	Hardverski zahtjevi

Izvor: izrada autora

3.2. Karakteristike i značajke

Windows operacijski sustav pruža ključne funkcionalnosti potrebne za pokretanje raznovrsnih aplikacija i programa na računalima, služeći kao osnovna infrastruktura koja korisnicima omogućuje efikasno i praktično korištenje njihovih uređaja. Windows upravlja ključnim računalnim resursima poput procesorske snage, memorije s nasumičnim pristupom (*engl. Random Access Memory, RAM*) i prostora na tvrdom disku kako bi podržao korisničke zadatke. Ovi resursi optimizirani su za stabilan i učinkovit rad, bilo da je riječ o pokretanju aplikacija, pregledavanju interneta ili obradi dokumenata.

Grafičko korisničko sučelje igra ključnu ulogu u interakciji korisnika s računalom. Intuitivno sučelje omogućuje brz i jednostavan pristup funkcijama, aplikacijama i datotekama putem ikona, izbornika i prozora, olakšavajući navigaciju i upotrebu uređaja. Visoka kompatibilnost Windows operacijskog sustava omogućuje podršku za širok spektar hardverskih i softverskih konfiguracija, što korisnicima daje mogućnost instalacije i korištenja

različitih aplikacija i programa prema potrebama. Ova kompatibilnost olakšava integraciju novog hardvera ili softvera, osiguravajući podršku za razne vrste uređaja.

Alati i postavke za mrežno povezivanje u Windowsu olakšavaju postavljanje bežičnih i žičanih mreža. Korisnici mogu jednostavno upravljati sigurnosnim postavkama, dijeliti resurse i datoteke s drugim uređajima u mreži, čime se omogućuje brzo i sigurno povezivanje s Internetom i lokalnim mrežama. Sigurnost je još jedan ključni aspekt Windowsa. Ugrađeni alati kao što su antivirusna zaštita, vatrozid i napredne sigurnosne postavke štite uređaje od prijetnji poput virusa, zlonamjernog softvera i hakiranja. Korisnici mogu konfigurirati sigurnosne postavke i kontrolirati pristup kako bi zaštitili osobne i poslovne podatke.

Windows pruža sveobuhvatne alate za organiziranje, pohranu i pretraživanje datoteka. Korisnici mogu jednostavno upravljati mapama i datotekama, postavljati prava pristupa te brzo pretraživati sadržaj za pronalaženje potrebnih informacija, čime se olakšava organizacija digitalnih sadržaja. Također, Windows omogućuje opsežnu prilagodbu izgleda radne površine, zvukova i vizualnih efekata, kao i ažuriranje sustava za poboljšanje funkcionalnosti i sigurnosti. Mogućnost personalizacije omogućuje korisnicima prilagodbu postavki prema vlastitim preferencijama, što čini iskustvo korištenja ugodnijim i učinkovitijim.

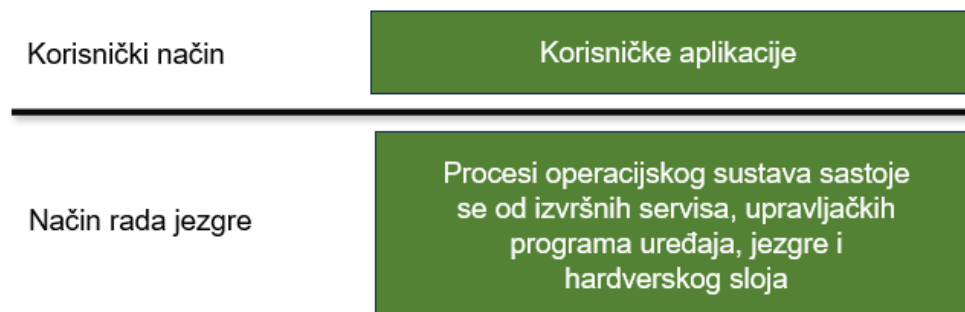
Kako bi se korisnicima pružila podrška u rješavanju problema, Windows nudi različite oblike tehničke podrške, uključujući korisničku službu, online upute, dokumentaciju i dijagnostičke alate. Ovi resursi omogućuju korisnicima da efikasno koriste sustav i rješavaju eventualne poteškoće, čime se značajno poboljšava ukupno iskustvo korištenja operacijskog sustava.

3.3. Arhitektura

Arhitektura operacijskog sustava Windows sastoji se od slojevitog sustava koji uključuje dvije glavne komponente, korisnički način rada i način rada jezgre (Slika 3). Korisničke aplikacije rade u korisničkom načinu rada, dok se procesi koji pripadaju operacijskom sustavu izvode u načinu rada jezgre.

Način rada jezgre odnosi se na središnji dio operacijskog sustava, obuhvaćajući ključne komponente poput jezgre, hardverskog sloja (engl. *Hardware Layer, HAL*), upravljačkih programa i izvršnih servisa. Ovaj način rada omogućuje potpun pristup hardveru i resursima sustava, osiguravajući stabilnost i sigurnost operacijskog okruženja. Nasuprot tome, način rada za korisnike osigurava zaštitu aplikacija jednih od drugih i od jezgre sustava, sprječavajući tako potencijalne probleme koji bi mogli oštetiti operacijski sustav. Aplikacije u ovom načinu rada

komuniciraju s jezgrom putem Windows programskog sučelja za aplikacije (engl. *Application Programming Interface, API*)¹⁷, dok je pristup hardveru omogućen putem operacijskog sustava. Upravljački programi uređaja, temeljeni na modelima *Windows Driver Model (WDM)* i *Windows Driver Foundation (WDF)*, pružaju stabilnost, sigurnost i kompatibilnost hardvera s Windows sustavom, osiguravajući da korisnici dobiju najbolje moguće iskustvo korištenja računala.



Slika 3. Arhitektura Windows OS-a, izvor: (Krogh, 2017)

Izvršni servisi (engl. *Executive Services*), kao bitna komponenta Windows sustava, pružaju osnovne usluge za upravljanje procesima, memorijom i ulazno/izlaznim operacijama. Njihova uloga je od vitalnog značaja za stabilnost i funkcionalnost operacijskog sustava. Upravljački programi, smješteni između operacijskog sustava i hardvera, omogućuju komunikaciju s perifernim uređajima i osiguravaju njihovu kompatibilnost s Windows OS-om. Njihova važnost ogleda se u podršci raznolikosti hardverske opreme i osiguranju optimalnog funkcioniranja računala. Hardverske apstrakcije, posredovane kroz HAL, omogućuju operacijskom sustavu rad s različitim hardverskim platformama. Ova složena mreža omogućuje aplikacijama pristup hardveru bez obzira na specifičnosti pojedinih uređaja.

Procesi sustava kao što su proces mirovanja, upravitelj sesija i proces prijave pružaju osnovne funkcije za upravljanje korisničkim sesijama, sigurnosnim mehanizmima i energetsom učinkovitošću računala. Ovi procesi osiguravaju stabilnost i učinkovitost operacijskog sustava. Podsustav Windows omogućuje korisnicima interakciju s računalom putem grafičkog korisničkog sučelja (GUI), olakšavajući svakodnevne zadatke i povećavajući produktivnost.

¹⁷API je skup funkcija i protokola koji omogućuju aplikacijama da komuniciraju s operacijskim sustavom ili drugim softverom, pružajući pristup ključnim funkcionalnostima i uslugama sustava. (Lutkevich, 2024)

3.4. Prednosti i nedostaci

Operacijski sustav Windows jedan je od najraširenijih na tržištu, nudi mnoge prednosti, ali i određene nedostatke koje treba uzeti u obzir. Jedna od glavnih prednosti Windowsa je široka kompatibilnost s hardverom i softverom. Na primjer, većina perifernih uređaja poput pisaača, skenera i grafičkih kartica podržana je na Windowsu, što ga čini idealnim izborom za kućne korisnike i tvrtke. Također, specijalizirani softver poput *AutoCAD*-a i *SolidWorksa* prvenstveno je razvijen za Windows, što ga čini neizbježnim u inženjerskoj i dizajnerskoj industriji.

Još jedna prednost Windowsa je njegova jednostavnost korištenja zahvaljujući intuitivnom korisničkom sučelju s izbornikom *Start*, trakom zadataka i funkcijom pretraživanja. Na primjer, značajka *Windows Search* omogućuje brz pristup aplikacijama i datotekama, što je korisno u velikim organizacijama. Windows također ima bogate multimedijske mogućnosti. Alati poput *Windows Media Playera* podržavaju razne formate datoteka, što ga čini popularnim izborom za kreatore sadržaja i ljubitelje multimedije. Podržava i široku paletu softverskih alata za obradu grafičkih, audio i video sadržaja, poput *Adobe Auditiona*, *Photoshopa* te *Premiere*.

Osim jednostavnosti korištenja i multimedijskih mogućnosti, podrška za programere jedna je od ključnih prednosti Windowsa. Windows platforma nudi bogat ekosustav za razvoj softvera uz podršku za mnoge programske jezike, uključujući C++, C#, Python i JavaScript. Alati poput *Visual Studija* i *Visual Studio Codea* pružaju napredno razvojno okruženje s podrškom za upravljanje projektima, integraciju s kontrolnim sustavima verzija poput *Gita* te širok spektar dodataka. Windows također omogućuje pokretanje Linux distribucija unutar sustava putem *Windows Subsystem for Linux (WSL)* značajke, čime se olakšava rad u različitim okruženjima bez potrebe za virtualnim strojevima. Napredna ljuska za skriptiranje *PowerShell* dodatno omogućuje automatizaciju administrativnih zadataka i učinkovito upravljanje sustavima, što je korisno za *DevOps* inženjere.

Za razvoj računalnih video igara, Windows nudi *DirectX*, zbirku API-ja koji omogućuju visokoučinkovitu grafiku, zvuk i interakciju s hardverom, čineći ga popularnom platformom za razvoj igara poput *Minecrafta* i *Fortnitea*. Dodatno, Windows omogućuje lako testiranje aplikacija na različitim verzijama sustava i hardverskim konfiguracijama pomoću alata kao što je *Windows Application Compatibility Toolkit*. Također, korištenjem virtualnih strojeva putem Microsoftove platforme za virtualizaciju *Hyper-V*, moguće je stvoriti i upravljati više virtualnih

računala na jednom fizičkom stroju.

Sve ove značajke čine Windows preferiranom platformom za programere u širokom spektru industrija, od poslovnih aplikacija do igara i mrežne sigurnosti. Međutim, Windows ima i nekoliko nedostataka. Ranjivost na zlonamjerni softver ostaje veliki problem. Na primjer, napad *ransomwareom WannaCry* 2017. godine ciljao je Windows sustave koji nisu bili adekvatno zaštićeni, što naglašava potrebu za redovitim ažuriranjem i antivirusnom zaštitom. Također, Windows ima visoke hardverske zahtjeve. Na primjer, Windows 11 zahtijeva TPM 2.0 čip i modernije komponente, što može isključiti starije uređaje bez nadogradnje. Ovo može biti problematično za škole i male tvrtke s ograničenim budžetom.

Cijena Windowsa također može biti prepreka. Za razliku od besplatnih sustava poput Linuxa, Windows zahtijeva kupnju licence, što može biti dodatni trošak za privatne korisnike i male organizacije. Na kraju, kompleksnost sustava može predstavljati izazov. Napredne značajke kao što su *PowerShell* skripte ili složene mrežne postavke mogu zahtijevati više tehničkog znanja i vremena za učenje, što može biti prepreka za manje iskusne korisnike.

Unatoč ovim nedostacima, Windows ostaje jedan od najpopularnijih operacijskih sustava zbog svoje fleksibilnosti, bogatstva značajki i podrške za širok spektar aplikacija i uređaja, čineći ga prvim izborom za kućne i poslovne korisnike. (The Definition of Windows Operating System: History, Functions, and Features, 2024)

4. LINUX OPERACIJSKI SUSTAV

Linux je generički naziv za obitelj operacijskih sustava otvorenog kôda temeljenih na Linux kernelu. Iako tehnički nije potpuno točno koristiti izraz "Linux operacijski sustav", taj naziv se koristi u uobičajenom govoru i pisanju za označavanje kompletnog sustava koji uključuje Linux kernel zajedno s nizom aplikacija i alata koje čine funkcionalni operacijski sustav. Linux je temeljen na Unixu, operacijskom sustavu razvijenom u Bell Labsu 1969. godine od strane Kena Thompsona i Dennisa Ritchieja. Prvotno, Unix je dizajniran za *mainframe* računala, ali je kasnije prilagođen za osobna računala, što je omogućilo njegovu široku primjenu u akademskim i znanstvenim krugovima tijekom 1970-ih i 1980-ih.

Izvorni kôd sustava Linux javno je dostupan, što omogućuje svima pregledavanje i izmjenjivanje, pružajući uvid u način rada sustava. Otvoreni pristup potiče suradnju ljudi iz cijelog svijeta na njegovom daljnjem razvoju. Od svojih početaka, Linux je postao pouzdan i siguran operacijski sustav koji se koristi u različitim uređajima, uključujući računala, mobilne telefone i superračunala. Poznat je po svojoj isplativosti i učinkovitosti. (Linux Operating System, 2024)

4.1. Povijest i razvoj

Godine 1991., Linus Torvalds, tada student računarstva na Sveučilištu u Helsinkiju, započeo je rad na projektu slobodnog i otvorenog operacijskog sustava. Inspiriran Minixom¹⁸, ali nezadovoljan njegovim ograničenjima, Torvalds je razvio prvi kernel Linuxa, koji je objavio u rujnu 1991. godine. Torvalds je izvorno želio nazvati svoj projekt "Freax", ali je administrator FTP poslužitelja, Ari Lemmke, bez Torvaldsovog znanja promijenio ime u "Linux".

Prva verzija Linux kernela, verzija 0.01, objavljena je 1991. godine. Godine 1992., Linus Torvalds odlučio je objaviti kernel pod GNU¹⁹ općom javnom licencom (engl. *General Public License, GPL*), što je omogućilo slobodno korištenje, modificiranje i distribuciju softvera. Ova odluka značajno je doprinijela širenju Linuxa i njegovom prihvaćanju u zajednici otvorenog kôda. Linux je počeo privlačiti pažnju programera širom svijeta zahvaljujući svojoj otvorenosti i prilagodljivosti.

Linux distribucija (engl. *distribution*) predstavlja cjelokupan operacijski sustav koji

¹⁸ Minix je mikrojezgrovni operacijski sustav stvoren 1987. godine od strane Andrew S. Tanenbauma za obrazovne svrhe (Lunduke, 2017)

¹⁹ *GNU's Not Unix* (GNU) je projekt otvorenog kôda osnovan 1983. godine od strane Richarda Stallmana za razvoj slobodnog operacijskog sustava sličnog Unixu. (Awati, GNU Project, 2024)

obuhvaća Linux kernel, biblioteke sustava, uslužne programe, aplikacijski softver te sustav za upravljanje paketima. Sastoji se od različitih softverskih komponenti integriranih iz različitih izvora kako bi se pružilo koherentno i korisniku prilagođeno računalno okruženje. Svaka distribucija nudi jedinstvene značajke i upravitelje paketa te je usmjerena prema specifičnim korisnicima poput početnika, programera ili administratora poslužitelja, uz svoje prednosti i nedostatke (Tablica 2).

Tablica 2. Usporedba Linux distribucija

Popularne distribucije Linuxa	Vrijeme izlaska	Najveća prednost	Najveći nedostatak
Debian	Rujan 1993.	Pouzdanost i izrazita stabilnost	Sporiji tempo izdavanja i manja podrška za najnoviji hardver i softver
Red Hat Enterprise Linux	Veljača 2000.	Pouzdanost i podrška, idealan za poslužitelje i poslovne aplikacije	Visoka komercijalna cijena
Arch Linux	Ožujak 2002.	Prilagodljivost i fleksibilnost	Visok nivo tehničke zahtjevnosti
Fedora	Studeni 2003.	Inovativnost i fokusiranje na najnovije tehnologije	Brži tempo izdavanja i manja stabilnost
CentOS	Svibanj 2004.	Stabilnost i pouzdanost, dugotrajna podrška	Sporiji tempo izdavanja novih verzija i manje ažuriranja softvera
Ubuntu	Listopad 2004.	Jednostavnost upotrebe i podrška zajednice	Ograničena prilagodljivost za neke napredne korisnike
openSUSE	Listopad 2005.	Stabilnost i sigurnost	Manja zajednica korisnika i podrška
Linux Mint	Kolovoz 2006.	Jednostavnost upotrebe i korisničko iskustvo	Manja podrška za najnoviji softver i tehnološke inovacije

Izvor: (8 Most Popular Linux Distributions, 2024)

Prva Linux distribucija MCC Interim Linux nastala je 1992. godine, a slijedile su distribucije poput Slackware i Debian (1993.), Red Hat i SUSE (1994.), te mnoge druge. Distribucije su omogućile korisnicima lakše instaliranje i korištenje Linuxa. Godine 1996., Linux kernel verzija 2.0 donijela je podršku za simetričnu multiprocesorsku obradu (engl. *Symmetric Multiprocessing, SMP*), što je dodatno poboljšalo performanse i proširilo njegovu primjenu.

Red Hat, osnovan 1993. godine od strane Boba Younga i Marca Ewinga, bio je jedan od prvih komercijalnih startupova usmjerenih na Linux. Njihova prva distribucija, Red Hat Linux 1.0, lansirana je 1994. godine. Tijekom godina, Red Hat se razvijao, a 2004. su predstavili

distribucije Fedora i CentOS. Fedora je bila namijenjena zajednici entuzijasta, dok je CentOS postao besplatna, binarno kompatibilna verzija Red Hat Enterprise Linuxa (RHEL), koja se fokusirala na stabilnost. Red Hat je poslovao profitabilno pružajući obrazovne i podrške usluge za operacijski sustav. S vremenom se pokazala potreba za razdvajanjem distribucija: Red Hat Enterprise Linux za tvrtke koja su zahtijevala stabilnost i Fedora za entuzijaste željne inovacija. Iako je Fedora vođena zajednicom, zaposlenici Red Hata i dalje doprinose njezinom razvoju.

Ian Murdock je 1993. godine osnovao *Debian Project*, koji je bio jedinstven po tome što je dopuštao svakom korisniku da doprinese razvoju, stvarajući otvorenu zajednicu koja je poticala transparentnost i suradnju. Debian je sponzorirao GNU projekt između 1994. i 1995. godine, čime je dodatno naglasio svoju predanost slobodnom softveru i otvorenim standardima. Kao jedan od najstarijih i najpoznatijih distribucija Linuxa, Debian je ostao najveći nekomercijalni projekt sa strogo dokumentiranim politikama, ustavom i društvenim ugovorom koji upravljaju njegovim razvojem, osiguravajući stabilnost, sigurnost i etički pristup slobodnom softveru. Ovaj pristup omogućio je Debianu da zadrži reputaciju pouzdane i dugovječne distribucije koja je temelj mnogih drugih distribucija, uključujući popularni Ubuntu.

FreeBSD, iako nije Linux operacijski sustav, često se spominje zbog svojih Unix temelja i otvorenog koda. Projekt je započeo 1976. godine na Kalifornijskom sveučilištu u Berkeleyu, gdje su studenti i istraživači prilagodili izvorni Unix kôd, stvarajući *Berkeley Software Distribution* (BSD). Zbog korištenja AT&T-ovog kôda, BSD projekt je zahtijevao posebnu licencu od AT&T-a. Godine 1989. započela je inicijativa za zamjenu AT&T-ovog kôda s ciljem stvaranja potpuno otvorene verzije. Rezultat toga rada bio je 386BSD, koji je 1993. godine evoluirao u ono što danas poznajemo kao FreeBSD. FreeBSD je poznat po svojoj stabilnosti, sigurnosti i pouzdanosti, zbog čega se koristi u raznim produkcijskim okruženjima, uključujući poslužitelje, mrežne uređaje i sustave visoke dostupnosti. (Choo, 2023)

Podrška velikih kompanija poput IBM-a i Oracla tijekom 1998. godine pomogla je daljnjem širenju Linuxa, koji se nastavio razvijati uz podršku za različite arhitekture i uređaje, uključujući superračunala i ugrađene sustave. Kao rezultat tog razvoja, 2003. godine objavljena je verzija 2.6, koja je donijela značajna poboljšanja u performansama i sigurnosti, što je dodatno povećalo njegovu privlačnost. Jedna od ključnih inovacija temeljena na Linuxu bila je razvoj Androida, mobilnog operacijskog sustava temeljenog na Linux kernelu, koji je do 2013. godine dominirao tržištem pametnih telefona s udjelom od oko 75%. Linux također igra ključnu ulogu u svijetu računarstva u oblaku, što dodatno doprinosi njegovoj popularnosti.

Među raznim distribucijama Linuxa, Ubuntu, jedna od najpopularnijih, stvorena je 2004. godine pod vodstvom Marka Shuttlewortha i njegovog razvojnog tima. Cilj je bio učiniti Linux pristupačnim svim korisnicima, a ne samo administratorima poslužitelja. Shuttleworth je okupio tim stručnjaka iz zajednice Debian kako bi kreirali korisnički prilagođen operacijski sustav za stolna računala, kao i stabilan sustav za poslužitelje. Kroz povijest, brojne Linux distribucije su igrale ključnu ulogu u razvoju i popularizaciji Linuxa i operacijskih sustava otvorenog kôda, omogućujući širok spektar primjena, od desktop okruženja do poslovnih rješenja.

4.2. Karakteristike i značajke

Linux je OS otvorenog kôda nalik Unixu i razvijen od strane zajednice za računala, poslužitelje, glavna računala, mobilne uređaje te ugrađene uređaje (engl. *embedded devices*). Podržan je na gotovo svim većim računalnim platformama, uključujući x86, ARM i SPARC, što ga čini jednim od najšire podržanih operacijskih sustava. Linux OS je višestruko koristan sustav koji upravlja hardverskim resursima, pokreće aplikacije te pruža raznovrsna korisnička sučelja. Zbog velike zajednice programera i raznolikosti distribucija, Linux se prilagodio gotovo svakom zadatku i postao prisutan u mnogim područjima računarstva.

Linux se koristi na različite načine, kao OS za web poslužitelje, sustave za upravljanje bazama podataka, datotečne poslužitelje, e-poštu te druge vrste dijeljenih poslužitelja. Linux je dizajniran za podršku aplikacijama velikog volumena i višedretvenosti, čime je idealan za različite poslužiteljske aplikacije. Također se koristi kao desktop OS za osobno produktivno računarstvo. Budući da je otvorenog kôda i besplatan, Linux nudi desktop okruženje za korisnike koji preferiraju alternativu komercijalnim operacijskim sustavima.

Postoji i varijanta namijenjena računalnim sustavima ili uređajima koji su konfigurirani za rad bez monitora i ne zahtijevaju grafičko korisničko sučelje ili izravno povezivanje s terminalom i tipkovnicom (engl. *Headless Systems*). Često se koristi za daljinski upravljane mrežne poslužitelje i druge uređaje. Ugrađeni OS primjenjuje se u uređajima koji zahtijevaju ograničene računalne funkcije, poput kućanskih aparata, automobilskih sustava za zabavu i uređaja za mrežno pohranjivanje.

Linux se koristi i kao mrežni OS u uređajima poput usmjerivača, preklopnika, poslužitelja DNS-a, kućnih mrežnih uređaja i drugih. Na primjer, Cisco²⁰ koristi Linux kernel u svojoj

²⁰ Cisco je američka tehnološka tvrtka specijalizirana za mrežnu opremu, telekomunikacije i IT rješenja. Nudi proizvode poput rutera, preklopnika, sigurnosnih rješenja i softvera za upravljanje mrežama. (Taylor, 2024)

verziji mrežnog OS-a *Cisco Internetwork Operating System (IOS)*. Također se koristi kao razvojni softverski OS za razvoj poslovnog softvera te kompajlera i interpretera za različite programske jezike. Nadalje, koristi se kao *Cloud OS* za *cloud* instance, pružajući podršku vodećim pružateljima usluga računarstva u oblaku za različite svrhe.

Linux je izrazito prilagodljiv i temelji se na modularnom dizajnu koji omogućuje korisnicima prilagodbu vlastitih verzija Linuxa. Ovisno o potrebama, Linux se može optimizirati za različite svrhe poput mrežne izvedbe, računalnih performansi, implementacije na određenoj hardverskoj platformi ili sustavima s ograničenim resursima. Korisnici mogu odabrati različite distribucije Linuxa ili prilagoditi postojeće distribucije prema svojim potrebama, uključujući i prilagođene konfiguracije kernela.

Linux je od samih početaka usvojio principe *copyleft*-a koji je definirao GNU GPL, pokrenut od strane Zaklade za slobodni softver (engl. *Free Software Foundation, FSF*). Prema GPL-u, sve što se slobodno koristi i mijenja mora biti besplatno distribuirano. U praksi, to znači da ako se Linux ili druge komponente s GNU licencom razvijaju ili modificiraju radi stvaranja nove verzije Linuxa, ta nova verzija također mora biti besplatno dostupna. Ovo sprječava nepravedno profitiranje programera ili drugih grupacija na temelju slobodno dostupnog rada drugih.

Distribucije mogu biti prilagođene specifičnim funkcijama kao što su poslužitelji, radne stanice, igre, sigurnost ili ugrađeni uređaji kao što su *Raspberry Pi* sustavi. Većina modernih distribucija dolazi unaprijed kompajlirana i spremna za korištenje, dok su neke, poput Gentoo Linuxa, sastavljene od izvornog kôda koji korisnici mogu lokalno kompajlirati tijekom instalacije radi prilagođavanja konfiguracije svog sustava. Na primjer, Knoppix Linux često se koristi za oporavak oštećenih tvrdih diskova i za obavljanje drugih tehničkih zadataka.

Linux je također postao važan u automobilskoj industriji, gdje mnogi proizvođači automobila koriste *Automotive Grade Linux (AGL)*, otvoreni projekt čiji je domaćin *Linux Foundation*. Primjerice, Toyota i Lexus koriste AGL za svoje informacijsko-zabavne sustave (engl. *infotainment systems*). Distribucije Linuxa mogu biti razvijene od strane zajednice, kao što su Debian, Slackware i Gentoo. Također postoje komercijalne distribucije namijenjene poslovnim korisnicima, poput Red Hat Enterprise Linuxa i SUSE Linux Enterprise Servera.

Iako su ove komponente uključene u većinu distribucija Linuxa, nisu nužno prisutne u svakom implementiranom Linux sustavu. Mnogi vanjski programeri i GNU projekti pružaju visokorazinske funkcije jezgri Linuxa kako bi se osigurala potpuna implementacija OS-a.

Također postoje moduli za dodatne funkcionalnosti kao što su sučelja naredbenog retka, GUI implementacije, upravljanje sigurnošću i pružanje video ili audio usluga. Desktop okruženja također se mogu razlikovati u pristupu dizajnu GUI-a i zadanim aplikacijama. Dva najpopularnija su GNOME²¹ i KDE²². Pored toga, Linux koristi upravitelje paketa (engl. *package managers*) za upravljanje softverom unutar sustava. Ovi alati omogućuju korisnicima instaliranje, ažuriranje i uklanjanje softverskih komponenti, kao i instalaciju dodatnog softvera koji nije uključen u osnovnu distribuciju. Neki od popularnih upravitelja paketa su RPM Package Manager, dpkg, OpenPKG i Zero Install.

Ova fleksibilnost u pogledu modularnosti, desktop okruženja i upravljanja paketima čini Linux iznimno prilagodljivim operacijskim sustavom, pogodan za različite potrebe i preferencije korisnika.

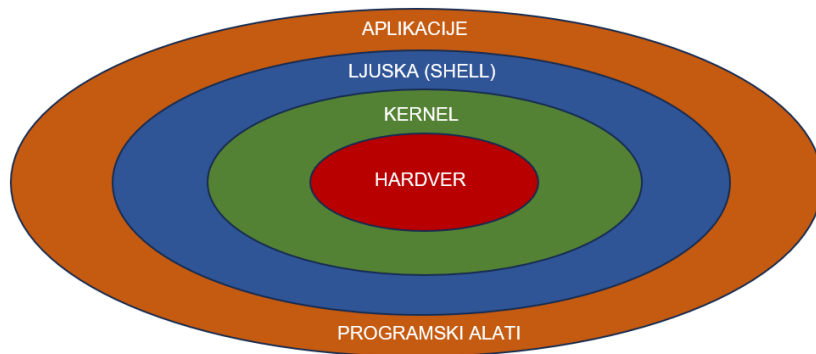
4.3. Arhitektura

Arhitektura Linux operacijskog sustava temelji se na slojevitom modelu koji se sastoji od više međusobno povezanih komponenti. Ovi slojevi uključuju hardver, kernel, ljusku (engl. *shell*), aplikacije i programske alate (Slika 4). Svaki sloj ima specifičnu ulogu u operacijskom sustavu, a njihova međusobna povezanost osigurava stabilnost i učinkovitost sustava. Slika 4 ilustrira slojevitou strukturu arhitekture Linuxa, gdje svaki sloj izravno ili neizravno komunicira s onima iznad i ispod.

Na najnižoj razini nalazi se hardver, koji obuhvaća sve fizičke komponente sustava, poput CPU-a, RAM-a te ulazno-izlaznih uređaja (tipkovnica, miš, monitor, pisač). Hardver osigurava osnovne funkcije potrebne za rad računala. Središnji sloj koji upravlja tim komponentama je kernel. Prije učitavanja kernela, *bootloader* je prva komponenta koja se izvršava kada se računalo pokrene. *Bootloader* je softver koji upravlja procesom pokretanja računala, inicijalizira hardver i učitava kernel u memoriju. On je ključna karika između hardverske faze pokretanja i učitavanja operacijskog sustava.

²¹ GNOME je popularno desktop okruženje za Unix i Unix-like operacijske sustave, poznato po svojoj jednostavnosti, funkcionalnosti i prilagodljivosti, koje nudi širok spektar alata i aplikacija za svakodnevnu upotrebu. (Mohammed, 2022)

²² KDE je popularno desktop okruženje za Unix i Unix-like operacijske sustave, poznato po bogatstvu aplikacija i alata te naprednim mogućnostima prilagodbe. (Rouse, 2011)



Slika 4. Slojevi Linux arhitekture, izvor: (Oishi, 2023)

Kernel je jezgra Linux operacijskog sustava i kontrolira sve temeljne funkcije sustava. Njegove ključne odgovornosti uključuju upravljanje memorijom, procesima, uređajima i datotečnim sustavima. Kernel upravlja resursima sustava, osigurava sigurnu i stabilnu komunikaciju između aplikacija i hardvera, te izravno komunicira s hardverom. Kernel također upravlja upravljačkim programima koji omogućuju uređajima poput pisača, mrežnih kartica i tvrdih diskova ispravan rad unutar operacijskog sustava.

Nakon učitavanja kernela, *init* sustav je prvi proces koji se pokreće i upravlja svim daljnjim procesima potrebnim za rad sustava. On inicijalizira potrebne *daemon*e i usluge, omogućujući sustavu normalan rad. Na primjer, upravljanje korisničkim sesijama i pokretanje pozadinskih servisa kao što su mrežni servisi ili sustavi za upravljanje bazama podataka, obavlja se preko *init* sustava. *Daemoni* su specijalizirani programi koji rade u pozadini sustava i pružaju usluge korisničkim aplikacijama i drugim dijelovima sustava. Primjeri uključuju web servere (npr. Apache), koji obrađuju HTTP zahtjeve, ili SSH servise koji omogućuju udaljeni pristup sustavu. Grafički poslužitelj upravlja prikazom grafike na računalu i omogućava korištenje grafičkog sučelja. Najčešće korišteni grafički poslužitelj u Linux okruženju je *X Window System* (X11), ali postoje i druge implementacije, poput *Waylanda*, koje nude modernija grafička sučelja i bolje performanse.

Ljuska je sučelje između korisnika i operacijskog sustava koje omogućuje unos naredbi i njihovo izvršavanje. Ljuska može biti u obliku naredbenog retka ili grafičkog korisničkog sučelja. Ljuska naredbenog retka omogućuje izravno komuniciranje s kernelom putem naredbi koje korisnik upisuje. Neki od najčešće korištenih ljuski u Linuxu su *Bourne Again Shell* (*Bash*), *C Shell* (*CSH*), *Korn Shell* (*KSH*) i *Z Shell* (*ZSH*), koji pružaju različite funkcionalnosti i pogodnosti za korisnike. Grafičke ljuske kao što su *GNOME*, *KDE Plasma* i *Cinnamon* omogućuju korisnicima lakše i intuitivnije interakcije s operacijskim sustavom kroz grafičke elemente kao što su prozori, ikone i izbornici.

Na najvišoj razini su aplikacije, koje predstavljaju programe koje korisnici pokreću unutar Linux okruženja. Aplikacije mogu biti raznolike, od web preglednika i uredskih alata do kompleksnih razvojnih okruženja i igara. One koriste resurse sustava koje upravlja kernel i komuniciraju s njim putem ljske. Programski alati pružaju dodatne funkcije i podršku sustavu. To uključuje sustavne uslužne programe koji olakšavaju rad s datotekama, procesima i mrežnim postavkama, kao i knjižnice sustava koje omogućuju komunikaciju između aplikacija i kernela bez izravnog pristupa kernelu. Ova slojevita arhitektura omogućuje Linuxu visoku fleksibilnost, stabilnost i skalabilnost, što ga čini pogodnim za širok raspon primjena, od osobnih računala i poslužitelja do ugrađenih sustava i superračunala. (Ram, 2024)

4.4. Prednosti i nedostaci

Linux nudi mnoge prednosti zahvaljujući svom naslijeđu iz UNIX-a, što ga čini jedinstvenim operacijskim sustavom. Prije svega, Linux je potpuno besplatan. Korisnici mogu preuzeti operacijski sustav s interneta bez ikakvih troškova. Nema naknada za licencu, troškova po korisniku, a ažuriranja i izvorni kôd su također besplatno dostupni. To omogućava korisnicima da prilagode sustav svojim potrebama bez dodatnih financijskih izdataka.

Sljedeća važna prednost Linuxa je njegova licenca GNU Public License (GPL), koja omogućuje korisnicima da mijenjaju i redistribuiraju operacijski sustav. Ključni uvjet je da izvorni kôd ostane dostupan i nakon redistribucije, što osigurava da svi korisnici imaju pristup prilagodljivom softveru i mogu doprinosti njegovom razvoju. Linux je izuzetno prenosiv, što znači da može raditi na različitim hardverskim platformama. Ovo je posebno korisno za proizvođače novih vrsta računala koji ne znaju koji će operacijski sustav raditi na njihovom novom hardveru. Linux kernel može se prilagoditi različitim uređajima, od CPU-a u automobilima do perilica, pružajući veliku fleksibilnost u implementaciji.

Sigurnost i svestranost Linuxa temelje se na robusnom sigurnosnom modelu koji je naslijeđen iz UNIX-a. Linux može poslužiti kao moćna zaštita od internetskih napada, ali je jednako učinkovit u različitim drugim situacijama koje zahtijevaju visok nivo sigurnosti. Bez obzira koristiti li se za razvojni stroj, kontrolnu stanicu ili vatrozid, Linux osigurava pouzdanu zaštitu.

Još jedna značajna prednost Linuxa je njegova skalabilnost. Može raditi na uređajima s minimalnom količinom memorije, poput *palmtop* računala, ali i na velikim podatkovnim klasterima koji upravljaju petabajtima podataka i stotinama čvorova. To znači da Linux može učinkovito podržati velike projekte bez potrebe za superračunalom, dok istovremeno može

pokretati manje projekte, poput ugrađenih sustava ili revitalizacije starijih računala. Fleksibilnost Linuxa u ovim situacijama čini ga pogodnim za širok spektar upotrebe, od malih uređaja do kompleksnih IT infrastruktura. Također, Linux se ističe brzim otklanjanjem pogrešaka. Zbog velike i aktivne zajednice korisnika koji kontinuirano doprinose razvoju i testiranju, greške se brzo otkrivaju i ispravljaju. Nerijetko prođe samo nekoliko sati od otkrivanja greške do njezinog rješenja, što čini Linux iznimno pouzdanim operacijskim sustavom i osigurava optimalan rad bez dužih zastoja.

Linux ima nekoliko izazova koji mogu utjecati na korisničko iskustvo. Jedan od tih izazova je velika raznolikost dostupnih distribucija, što može biti zbunjujuće za nove korisnike. Iako ta raznolikost omogućuje odabir sustava koji najbolje odgovara specifičnim potrebama, novim korisnicima može biti teško odabrati odgovarajuću distribuciju bez dodatnog istraživanja. S druge strane, ova raznolikost također znači da postoji rješenje za gotovo svaki specifičan zahtjev, pružajući korisnicima slobodu izbora.

Linux se ponekad smatra manje intuitivnim u usporedbi s Windowsom ili macOS-om, posebno za one koji nisu navikli na rad u terminalu ili korištenje naprednih administrativnih alata. Iako je uloženo mnogo truda u pojednostavljenje korisničkog iskustva, prilagodba Linuxu može biti izazovna, osobito za početnike. Uz to, pitanje pouzdanosti softvera otvorenog kôda često se postavlja među korisnicima koji nisu sigurni može li besplatan softver biti jednako pouzdan kao komercijalna rješenja. No, činjenica da milijuni korisnika diljem svijeta koriste Linux, zajedno s aktivnom zajednicom developera koji kontinuirano rade na otkrivanju i otklanjanju grešaka, dokaz su njegove pouzdanosti. Zajednica omogućuje brzu identifikaciju problema i njihovo rješavanje, što rezultira stabilnim i sigurnim operacijskim sustavom.

Nadalje, određene aplikacije razvijene za Windows ili macOS nisu izvorno kompatibilne s Linuxom zbog različitih arhitektura i dizajna. Iako alati kao što su emulatori (npr. *Wine*), virtualni strojevi (npr. *VirtualBox*) i alati za kompatibilnost (npr. *Proton* za igre) omogućuju pokretanje mnogih aplikacija na Linuxu, neke aplikacije i dalje ostaju nedostupne ili zahtijevaju značajnu prilagodbu da bi radile ispravno.

Unatoč tim izazovima, dugogodišnji korisnici potvrđuju da Linux može biti jednako dobar ili čak bolji i brži od drugih operacijskih sustava. Njegova otvorenost, prilagodljivost i mogućnost aktivnog sudjelovanja korisnika u razvoju sustava ključni su razlozi njegove popularnosti, a zajednica koja ga podržava kontinuirano radi na daljnjem razvoju i optimizaciji.

5. POSLUŽITELJSKI OPERACIJSKI SUSTAVI

Poslužiteljski operacijski sustavi čine okosnicu poslovne IT infrastrukture, omogućujući rad aplikacijama poput baza podataka, poslužitelja datoteka, e-pošte i web poslužitelja. Odabir odgovarajućeg poslužiteljskog OS-a utječe na performanse, skalabilnost, sigurnost, jednostavnost korištenja i ukupne troškove vlasništva.

Poslužiteljski OS optimiziran je za pokretanje aplikacija i usluga za više udaljenih korisnika i računala istovremeno putem mreže. Ključna razlika između poslužiteljskih OS-a i stolnih OS-a poput Windowsa ili macOS-a ili distribucija Linuxa namijenjenih stolnim računalima, jest u sposobnosti rukovanja velikim brojem korisnika, visokim mrežnim opterećenjima i paralelnim zadacima, uz osiguranje stabilnosti i sigurnosti sustava.

Glavne funkcije poslužiteljskih operacijskih sustava uključuju rukovanje zahtjevima mnogih korisnika i računala na mreži, upravljanje pristupom i povezivanjem uređaja, aplikacija i korisnika, hosting i pokretanje poslovnih aplikacija, osiguravanje visoke dostupnosti usluga i podataka, omogućavanje udaljenog pristupa, administracije i upravljanja poslužiteljima te podršku za virtualizaciju i automatizaciju.

Poslužiteljski operacijski sustavi osmišljeni su za rad u zahtjevnim uvjetima poslužitelja i razlikuju se od OS-a za stolna računala po specifičnim funkcionalnostima. Namijenjeni su upravljanju velikim brojem istovremenih zahtjeva za resursima kao što su procesor, memorija i pohrana te su optimizirani za pouzdan rad bez prekida. Omogućuju naprednu kontrolu pristupa i sigurnosnih dopuštenja, nude snažnu podršku za virtualizaciju, te podržavaju tehnologije raspodjele opterećenja kako bi se osigurala stabilnost i performanse sustava. Ovi sustavi nisu usmjereni na grafička korisnička sučelja, već na učinkovito pokretanje aplikacija i usluga. Osim toga, podržavaju automatizaciju zadataka koja olakšava upravljanje resursima i brže skaliranje u skladu s potrebama. (Server Operating System, 2023)

5.1. Ključne značajke

Poslužiteljski operacijski sustavi dizajnirani su za optimizaciju performansi i skalabilnosti kroz sofisticiranu raspodjelu radnih opterećenja između CPU jezgri i hardverskih resursa. To omogućuje sustavima da postignu visoke performanse i skaliraju se prema potrebama korisnika, podržavajući različita radna opterećenja i aplikacije, kao što su baze podataka, web poslužitelji i virtualizacijske platforme.

Napredna sigurnost poslužiteljskih operacijskih sustava uključuje šifriranje podataka radi zaštite osjetljivih informacija, detaljne kontrole pristupa za precizno određivanje ovlasti korisnika te sigurnosne tehnologije poput *Security-Enhanced Linuxa* (SELinux) u Linuxu ili *BitLocker* u Windows Server OS-u. Tehnologije kao što su *Lightweight Directory Access Protocol* (LDAP) za upravljanje korisnicima, *Kerberos* za autentikaciju, potpisivanje *Server Message Block* (SMB) protokola za zaštitu integriteta podataka, te sustavi za otkrivanje upada (engl. *Intrusion Detection Systems, IDS*) doprinose sveukupnoj sigurnosti sustava i zaštiti od prijetnji.

Pouzdanost i dostupnost postižu se implementacijom tehnologija za balansiranje opterećenja, klastera²³ visoke dostupnosti i podrške za virtualizaciju. Primjeri uključuju *Windows Server Failover Clustering*, *CARP* za visoku dostupnost u FreeBSD-u, te *live kernel patching* u Linuxu, koji omogućava rješavanje problema s kernelom bez potrebe za ponovnim pokretanjem sustava. Upravljujivost sustava je unaprijeđena putem daljinskog upravljanja koristeći alate poput *Microsoft System Center* za Windows Server ili *Ansible* za Linux, čime se omogućuje centralizirana administracija i nadzor nad infrastrukturom. Poslužiteljski OS-ovi također podržavaju širok spektar poslovnih aplikacija i omogućuju optimizaciju sustava za specifične aplikacije kao što su baze podataka, web i aplikacijski poslužitelji te *Enterprise Resource Planning* (ERP) sustavi.

Razvojne platforme poput .NET-a na Windows Serveru i Java EE na različitim poslužiteljskim OS-ovima omogućuju programerima razvoj prilagođenih aplikacija koristeći napredne okvire. Ove platforme pružaju alate i resurse potrebne za stvaranje aplikacija koje su optimizirane za performanse, skalabilnost i sigurnost, omogućujući razvoj visoko prilagođenih rješenja.

5.2. Vrste poslužiteljskih operacijskih sustava

Pravilno odabran poslužiteljski operacijski sustav (OS) može značajno poboljšati učinkovitost, sigurnost i upravljujivost IT okruženja, što je ključno za stabilne i uspješne poslovne operacije. Važno je razmotriti prednosti i nedostatke svakog OS-a prilikom odabira (Tablica 3).

Microsoft Windows Server OS zauzima značajan udio u poslužiteljskim instalacijama, posebno u poslovnim okruženjima koja već koriste Microsoftove tehnologije. Njegove osnovne

²³ Klasteri su skupovi povezanih računala ili poslužitelja koji rade zajedno kako bi povećali kapacitet obrade podataka, pouzdanost ili performanse. (Navsariwala, 2022)

značajke uključuju upravljanje poslužiteljima, virtualizaciju, klasteriranje, umrežavanje, pohranu, sigurnosne funkcije, mogućnosti aplikacijske platforme te usku integraciju s Windows klijentima. Ove značajke omogućuju jednostavnu integraciju s postojećom Microsoftovom infrastrukturom i aplikacijama.

Red Hat Enterprise Linux (RHEL) je jedna od najpopularnijih distribucija Linuxa za tvrtke s naglaskom na stabilnost i performanse. Njegov životni ciklus osigurava dugoročnu stabilnost aplikacija, što je ključno za poslovne poslužitelje. Bogate mogućnosti virtualizacije i kontejnerizacije pružaju fleksibilnu osnovu za oblak i podatkovne centre.

SUSE (njem. *Software und System-Entwicklung*) se fokusira na modularnu, heterogenu infrastrukturu, s izvornom podrškom za pokretanje mješovitih radnih opterećenja preko virtualnih strojeva, spremnika i fizičkih poslužitelja. Tvrtke mogu izgraditi prilagođene mogućnosti za poslužitelje baza podataka, upravljanje spremnicima, analitiku itd.

Ubuntu Server se ističe svojom popularnošću u ekonomičnim okruženjima koja su usmjerena na učinkovitost. Dugoročna podrška (engl. *Long-Term Support, LTS*) čine ga atraktivnim izborom za mnoge organizacije. Ubuntu nudi snažnu integraciju s komplementarnim tehnologijama otvorenog izvornog kôda, pružajući sve potrebne građevne blokove za modernu IT infrastrukturu. Korištenje alata kao što je Ansible za automatizaciju olakšava implementaciju sustava i svakodnevne operacije, čineći ga pristupačnim za tvrtke svih veličina. (BasuMallick, 2022)

Svaki poslužiteljski operacijski sustav nudi jedinstvene prednosti prilagođene specifičnim potrebama i resursima organizacije (Tablica 3). Microsoft Windows Server je idealan za tvrtke unutar Microsoftovog ekosustava zbog snažne integracije i sigurnosnih značajki. RHEL je pogodan za organizacije koje traže stabilnost, dugoročnu podršku i fleksibilnost u hibridnim i cloud okruženjima. *SUSE Linux Enterprise Server* (SLES) nudi modularnost i prilagodbu za specifična radna opterećenja, dok je Ubuntu Server sa svojom dugoročnom podrškom idealan za one koji preferiraju *open source* tehnologije i automatizaciju. Odabir pravog OS-a ovisi o čimbenicima poput postojeće infrastrukture, tehničke stručnosti, sigurnosnih zahtjeva, proračuna i planova za rast, što je ključno za dugoročnu održivost i učinkovitost IT okruženja.

Tablica 3. Usporedba poslužiteljskih operacijskih sustava i distribucija

Vrsta poslužiteljskog OS-a	Ponuđena izdanja	Prednosti	Nedostaci
Windows Server	Datacenter, Standard, Essentials	Uska integracija s Active Directory i Windows ekosustavom; jednostavna migracija za infrastrukture temeljene na Windowsu; ugrađena podrška za .NET aplikacije i razvoj	Skupa struktura licenciranja ovisno o značajkama; složenost i dodatni troškovi kod hostinga ne-Windows radnih opterećenja.
Red Hat Enterprise Linux (RHEL)	Server, Workstation, Edge, CoreOS, itd.	Robusna platforma za radna opterećenja temeljena na Linuxu; vrhunska podrška za virtualizaciju i spremnike; optimizirane performanse za skalabilnost; stroge sigurnosne kontrole i politike pristupa	Strmija krivulja učenja za Windows administratore; napredne značajke povećavaju troškove licenciranja
SUSE Linux Enterprise Server (SLES)	Standard, Premium, paketi proširene podrške	Podržava širok raspon poslovnih opterećenja; ugrađena fleksibilnost za prilagodbu sustava specifičnim potrebama; neovisni dobavljač koji podržava otvoreni ekosustav	Manji tržišni udio znači manje unaprijed izgrađenih modula ili predložaka u usporedbi s RHEL-om.
Ubuntu Server LTS	Standard	Pojednostavljen, resursno učinkovit OS idealan za spremnike i uvođenje u oblak; koristi Debianov ekosustav upravljanja paketima; izbjegava troškove licenciranja poslovnog Linuxa.	Ograničena izvorna podrška za poslovne aplikacije koje nisu otvorenog kôda u usporedbi s RHEL-om i SLES-om; manje opsežno certifikacijsko testiranje.

Izvor: izrada autora

5.3. Prednosti i nedostaci poslužiteljskih operacijskih sustava

Poslužiteljski operacijski sustavi čine temelj poslovne IT infrastrukture, podržavajući ključne aplikacije poput baza podataka, poslužitelja datoteka, e-pošte i web poslužitelja. Pravilnim odabirom poslužiteljskog operacijskog sustava može se značajno utjecati na performanse, skalabilnost, sigurnost, jednostavnost upravljanja te ukupne troškove vlasništva.

Jedna od glavnih prednosti poslužiteljskih operacijskih sustava je njihova optimizacija za visoka poslovna opterećenja. Omogućuju maksimalnu iskoristivost procesorskih resursa, RAM-a, diska te ulazno-izlaznih (I/O) operacija, čime se osigurava stabilnost i pouzdanost sustava. Podrška za klasteriranje i automatizirano upravljanje smanjuje administrativne troškove i poboljšava odzivnost IT infrastrukture. Visoka dostupnost rada postignuta je

klasteriranjem, tolerancijom na greške i redundancijom, što minimizira rizik od prekida rada kritičnih aplikacija. Dodatna prednost je fleksibilnost u implementaciji. Poslužiteljski operacijski sustavi podržavaju različite modele implementacije, poput privatnih, javnih, hibridnih i hiperkonvergentnih oblaka, čime omogućuju fleksibilnost i prilagodbu različitim poslovnim potrebama. Ovi modeli isporuke pomažu organizacijama da optimiziraju troškove korištenjem resursa prema potrebi, istovremeno osiguravajući visoku učinkovitost, sigurnost i skalabilnost u skladu s njihovim specifičnim zahtjevima.

Međutim, poslužiteljski operacijski sustavi imaju i određene nedostatke. Za nove administratore sustava, upravljanje ovim sustavima može biti izazovno zbog složenosti konfiguracija i održavanja. Vlasničke komercijalne distribucije često dolaze s visokim troškovima licenciranja i podrške, što može povećati ukupne troškove vlasništva. Planiranje i upravljanje promjenama zahtijevaju pažljivu pripremu i mogu ograničiti agilnost poslovanja, osobito u usporedbi s fleksibilnijim modelima u oblaku.

Migracija ili prijenos postojećeg okruženja na novi poslužiteljski OS može biti financijski i resursno zahtjevna, a ovisnost o dobavljaču predstavlja dodatni rizik zbog ograničene prenosivosti između platformi. Distribucije otvorenog koda nude veću fleksibilnost i istraživanje bez visokih troškova licenciranja, ali mogu zahtijevati dodatne resurse za prilagodbu i podršku.

Konačni odabir poslužiteljskog operacijskog sustava treba biti pažljivo procijenjen prema specifičnim poslovnim zahtjevima, uzimajući u obzir troškove, tehničke mogućnosti i dugoročne ciljeve organizacije.

6. KOMPARATIVNA ANALIZA

U okviru ovog poglavlja provedena je sveobuhvatna komparativna analiza operacijskih sustava Windows i Linux s ciljem istraživanja njihovih razlika u tri ključna aspekta: performanse, sigurnost i tržišni udio s područjima primjene. Prvi dio analize fokusiran je na usporedbu performansi, pri čemu su različite verzije Windows i Linux operacijskih sustava testirane u identičnom okruženju. Korištenjem zajedničkih testova, prikazani su rezultati koji ukazuju na razlike u performansama ovih sustava. Drugi dio rada bavi se sigurnosnim aspektima, analizirajući potencijalne ranjivosti ovih operacijskih sustava, s posebnim naglaskom na prijetnje koje dolaze preko mreže. U trećem dijelu istraživanja proučava se tržišna zastupljenost operacijskih sustava, sakupljajući podatke o njihovoj popularnosti i primjeni u različitim okruženjima i primjenama.

6.1. Usporedba performansi

Svrha poglavlja je bila pružanje temeljite usporedbe performansi između različitih operacijskih sustava u identičnom virtualnom okruženju. Cilj je bio identificirati prednosti i nedostatke svakog od tih sustava u različitim aspektima, kao što su procesorske performanse, opće performanse sustava te performanse diskovnog sustava. Rezultati ove analize mogu pomoći korisnicima i organizacijama u odabiru najprikladnijeg operacijskog sustava za njihove specifične potrebe, temeljem objektivnih i usporedivih podataka.

6.1.1. Metodologija

Kako bi se pobliže analizirale razlike u performansama između Windows i Linux OS-ova, u ovom radu testirani su sljedeći sustavi: Windows 11 Home (build 22631), Windows 10 Home (build 19045), Ubuntu 22.04 LTS i Fedora Workstation 40. Testiranje je provedeno u virtualnom okruženju koristeći VMware Workstation 17 Player²⁴, koji je poznat po svojoj stabilnosti i mogućnostima konfiguracije. Kako bi usporedba bila što točnija, svim virtualnim strojevima dodijeljene su identične hardverske komponente. Kao osnova je korišten osmojezgreni procesor AMD Ryzen 7 5825U s taktom od 4,50 GHz i 16 MB L3 *cache* memorije. Svakom virtualnom stroju dodijeljeno je 8 GB RAM memorije i 8 jezgri procesora, što osigurava da svi operacijski sustavi imaju jednake uvjete rada, prilagođene najzahtjevnijem operacijskom sustavu, Windowsu 11.

²⁴ VMware Workstation 17 Player je besplatan softver za pokretanje virtualnih strojeva na osobnom računalu, omogućujući istovremeno korištenje više operacijskih sustava.

Za provođenje benchmark²⁵ testova korišten je Phoronix Test Suite, koji omogućuje sveobuhvatno testiranje različitih aspekata performansi operacijskog sustava. Na Windows operacijskim sustavima, zbog prirode Phoronix Test Suite alata koji je izvorno dizajniran za Linux, koristi se Cygwin Terminal kako bi se omogućila kompatibilnost i izvršavanje potrebnih testova. Testiranje performansi operacijskih sustava podijeljeno je u tri glavne kategorije: procesor, sustav i diskovni sustav. Svaka kategorija obuhvaća specifične testove koji su dizajnirani za mjerenje određenih aspekata performansi (Tablica 4). Testiranje procesora uključuje mjerenje brzine kompresije podataka, kodiranja audio datoteka, renderiranja 3D grafike, te performansi CPU-a i *cache* memorije. Testovi sustava ocjenjuju opće performanse kroz Python i PHP benchmarke, dok diskovni testovi ispituju brzinu i učinkovitost upravljanja podacima koristeći SQLite i Blogbench.

Tablica 4. Prikaz korištenih testova kroz kategorije

Kategorija	Naziv testa	Opis
Procesor	Compress-7zip	Test za brzinu kompresije podataka koristeći 7zip algoritam
	Encode-mp3	Test za brzinu kodiranja audio datoteka u MP3 format
	AOBench	Test za renderiranje 3D grafike koristeći AOBench algoritam
	WebP	Test brzine kompresije slika u WebP format
	Coremark	Standardizirani test za procjenu performansi CPU-a
	Cachebench	Test performansi cache memorije procesora
Sustav	Pybench	Test za procjenu performansi Python interpretatora
	PHPBench	Test performansi PHP skripti
Disk	SQLite	Test performansi SQLite baze podataka
	Blogbench	Test performansi sustava pri stvaranju i čitanju velikih količina podataka u blogovima

Izvor: izrada autora

Za potrebe analize, prvo su pripremljeni virtualni strojevi. Kreirana su četiri virtualna stroja s identičnim hardverskim resursima, a na svaki od njih instaliran je odgovarajući operacijski sustav: Windows 11 Home (build 22631), Windows 10 Home (build 19045), Ubuntu 22.04 LTS i Fedora Workstation 40. Na Linux operacijskim sustavima, Phoronix Test Suite instaliran je izravno, dok je na Windows operacijskim sustavima korišten Cygwin Terminal radi osiguravanja kompatibilnosti, što je omogućilo instalaciju i izvođenje Phoronix Test Suite-a unutar Cygwin okruženja.

²⁵ Benchmark je test koji mjeri performanse hardvera ili softvera, omogućujući usporedbu učinkovitosti različitih sustava pod istim uvjetima.

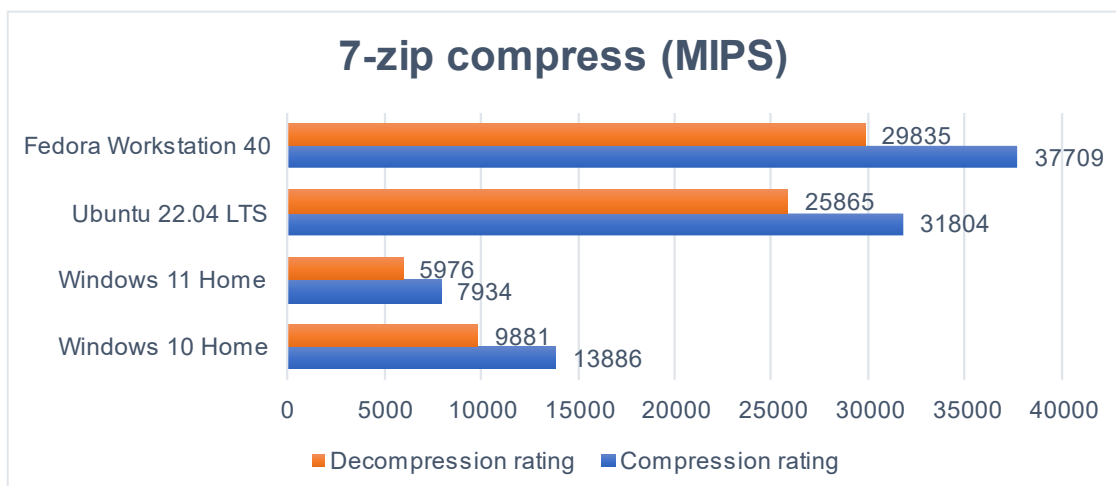
Nakon što su virtualni strojevi bili spremni, pokrenuti su svi testovi u svakoj kategoriji na svakom operacijskom sustavu. Kako bi se osigurala točnost i ponovljivost rezultata, svaki test je izveden više puta, a uzet su prosječne vrijednosti. Rezultati su uspoređeni za svaki operacijski sustav unutar svake kategorije. Koristile su se statističke metode za procjenu značajnosti razlika u performansama između različitih operacijskih sustava. Testovi koji su provedeni vizualizirani su grafovima napravljenim u Microsoft Excelu.

Cilj ovog testiranja bio je dobiti precizne i usporedive podatke o performansama različitih operacijskih sustava u virtualnom okruženju. Rezultati su omogućili detaljnu analizu i uvid u prednosti i nedostatke svakog operacijskog sustava u pogledu procesorske snage, općih sustavnih performansi i performansi diskovnog sustava.

6.1.2. Rezultati i diskusija

Test 7zip Compress benchmark (Slika 5) mjeri performanse sustava pri kompresiji datoteka koristeći 7-Zip. Fokusira se na brzinu i efikasnost kompresije koristeći algoritme LZMA i LZMA2, poznate po visokoj kompresiji i podršci za višedretvenost.

Test ocjenjuje koliko brzo sustav može komprimirati podatke i koliko se smanjuje veličina datoteka, prateći pri tome korištenje CPU-a i memorije. Različite vrste datoteka koriste se za sveobuhvatnu evaluaciju, a test se izvodi više puta kako bi se dobili pouzdani prosječni rezultati. 7zip test pruža detaljan uvid u performanse sustava pri kompresiji podataka, korisno za procjenu CPU performansi i optimizaciju sustava.

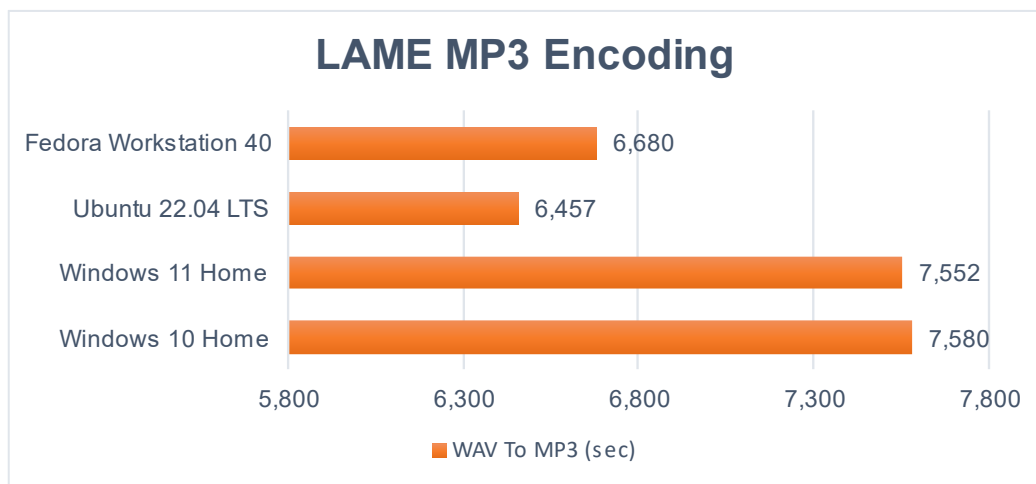


Slika 5. 7-zip compress test, izvor: izrada autora

Na slici 5 je prikazan dijagram koji uspoređuje performanse različitih operacijskih sustava koristeći 7-zip kompresiju, izraženu u MIPS (milijunima instrukcija po sekundi). Performanse

su podijeljene na ocjene za dekompresiju i ocjene za kompresiju. Rezultati testiranja pokazuju da Fedora Workstation ostvaruje najbolje performanse u oba područja (dekompresija i kompresija), slijedi Ubuntu, potom Windows 11 Home, dok je Windows 10 Home na posljednjem mjestu.

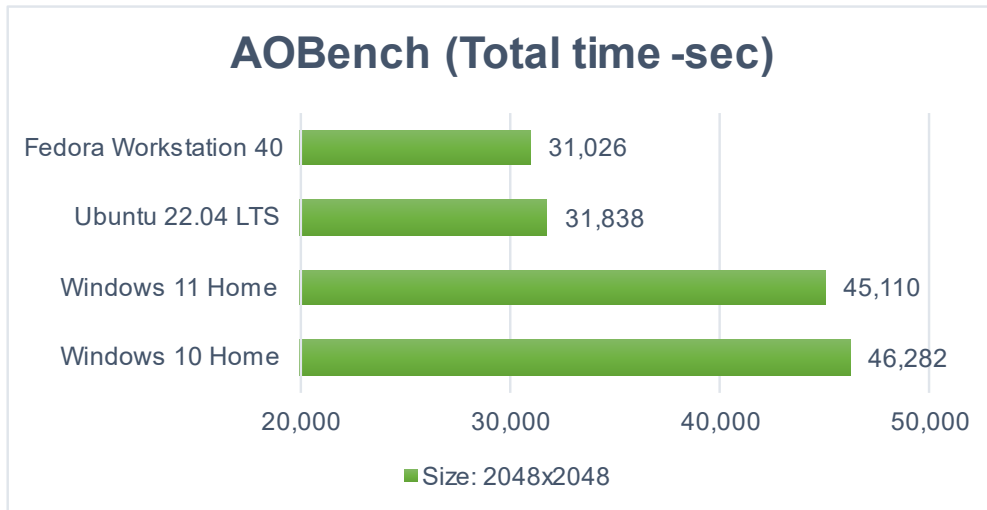
MP3 Encoding Benchmark test mjeri performanse sustava kodiranja audio datoteka u MP3 format pomoću LAME alata. Fokusira se na brzinu i efikasnost kodiranja, procjenjujući vrijeme potrebno za pretvaranje nekomprimiranih audio datoteka u MP3 format. Test koristi različite postavke LAME encodera za optimizaciju kvalitete zvuka i brzine kodiranja te prati korištenje CPU-a i memorije tijekom procesa. Rezultati ovog testa korisni su za procjenu performansi procesora i optimizaciju sustava u kontekstu audio obrade, kao što su glazbena produkcija ili *podcasting*.



Slika 6. Lame MP3 Encoding test, izvor: izrada autora

Na slici 6 nalazi se dijagram koji uspoređuje performanse u kodiranju WAV datoteka u MP3 format, izraženih u sekundama. Horizontalne trake prikazuju vrijeme koje svaki sustav treba za kodiranje, pri čemu je najkraće vrijeme oko 6,457 sekundi za Ubuntu, a najduže je otprilike 7,580 sekundi za Windows 10 Home.

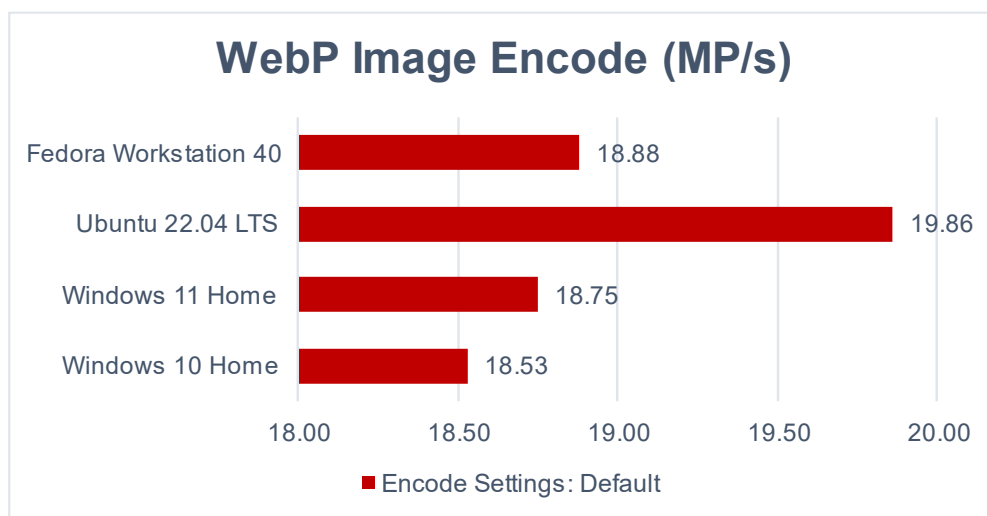
AOBench test evaluira performanse renderiranja 3D scene koristeći *ray tracing* algoritam. Test se fokusira na brzinu obrade CPU-a prilikom izračunavanja osvjetljenja i sjena unutar scene, pružajući usporedbu vremena renderiranja na različitim sustavima. Koristan je za optimizaciju konfiguracije hardvera u aplikacijama koje zahtijevaju složene grafičke operacije, kao što su 3D modeliranje, animacije ili vizualizacija podataka.



Slika 7. AOBench test, izvor: izrada autora

Na slici 7 prikazan je grafikon AOBench testa koji uspoređuje performanse prikazivanjem ukupnog vremena u sekundama potrebnog za izvršavanje određenog zadatka. Horizontalne trake na grafikonu predstavljaju vrijeme izvršavanja, pri čemu Fedora Workstation 40 i Ubuntu imaju slična vremena (približno 31 sekundu), dok oba Windowsa zahtijevaju značajno više vremena (približno 45 sekundi).

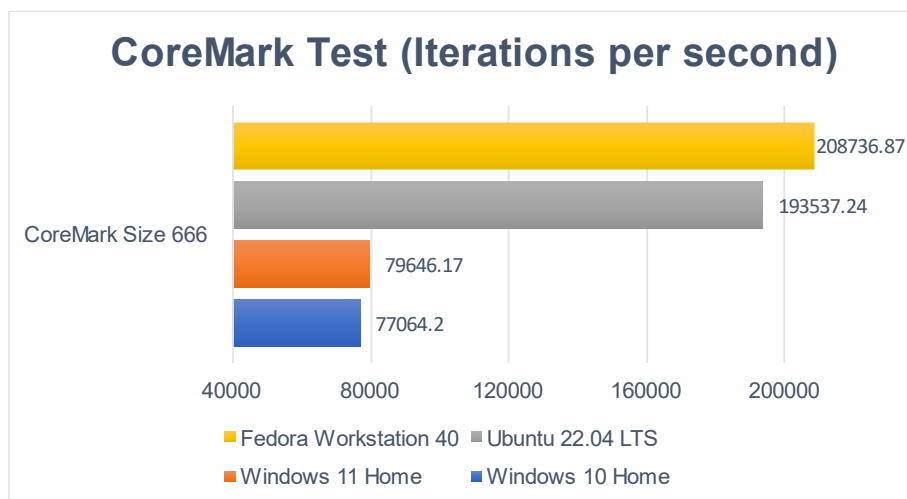
WebP Image Encode benchmark mjeri brzinu i učinkovitost kodiranja slika u WebP format, koji podržava kompresiju s gubicima i bez gubitaka. Test koristi alat cwebp za konverziju slika iz formata poput JPEG-a i PNG-a u WebP format, a glavni parametri koji se mjere su brzina kodiranja, iskorištenost CPU-a, protok podataka te, u nekim slučajevima, potrošnja energije.



Slika 8. WebP Image Encode test, izvor: izrada autora

Slika 8 prikazuje usporedbu performansi enkodiranja slika u WebP formatu, mjenjenih u megapiksela po sekundi (MP/s). Ubuntu 22.04 LTS pokazuje najvišu razinu performansi s otprilike 19,86 MP/s, što znači da može enkodirati skoro 20 milijuna piksela svake sekunde. Slijedi ga Fedora Workstation s približno 18,88 MP/s, zatim Windows 11 Home s oko 18,75 MP/s i na kraju Windows 10 Home s gotovo 18,53 MP/s, što odražava nešto slabiju, ali još uvijek usporedivu brzinu enkodiranja.

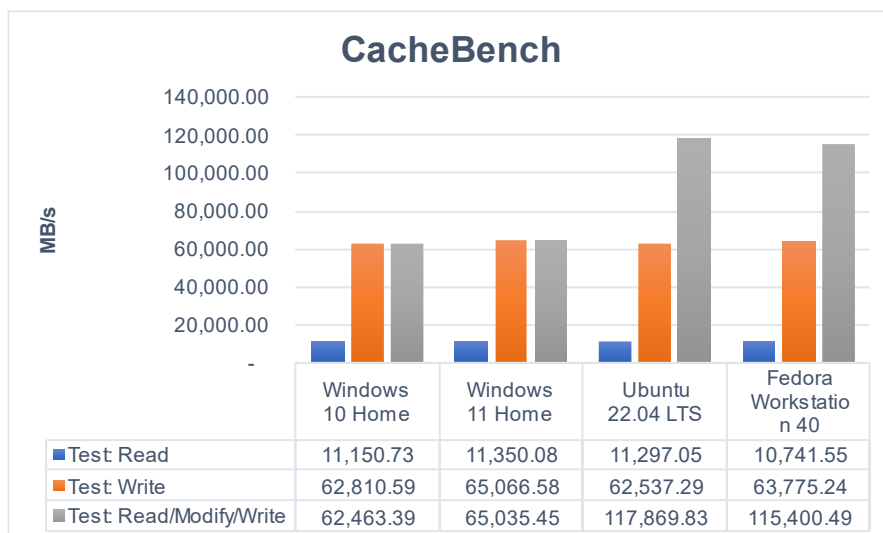
CoreMark benchmark je standardizirani test za procjenu učinkovitosti procesora, razvijen od strane Embedded Microprocessor Benchmark Consortiuma (EEMBC). Mjeri performanse osnovnih CPU operacija, uključujući upravljanje listama, matricne operacije, obradu stanja i *Cyclic Redundancy Check* (CRC). Glavna metrika je *CoreMark score*, koji pokazuje koliko iteracija testa CPU može izvršiti u jednoj sekundi, pri čemu viši rezultat znači bolje performanse.



Slika 9. CoreMark test, izvor: izrada autora

Na slici 9 prikazani su rezultati usporedbe performansi različitih operacijskih sustava koristeći CoreMark benchmark. Rezultati pokazuju da Windows 11 Home ima nešto bolje performanse od Windows 10 Home, dok oba sustava zaostaju za Linux distribucijama. Fedora Workstation 40 i Ubuntu 22.04 LTS postižu znatno bolje rezultate, s tim da Fedora ostvaruje najbolje performanse u ovom testnom scenariju, što jasno pokazuje njihovu superiornost u usporedbi s oba Windows operacijska sustava.

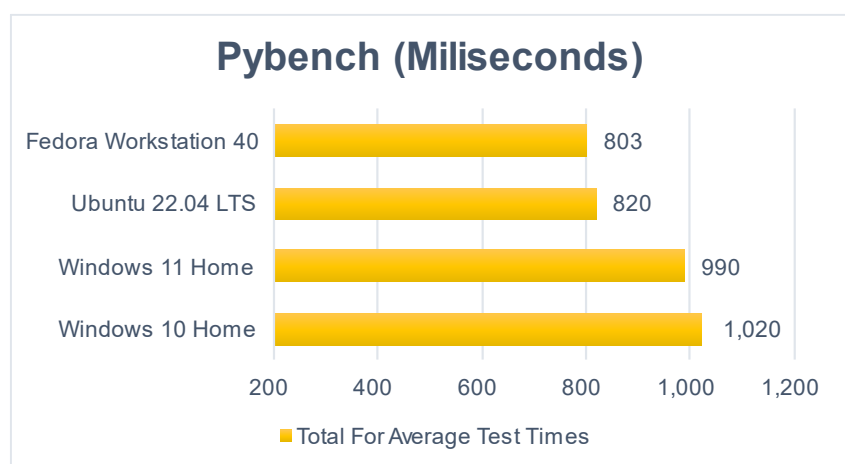
CacheBench je test performansi koji procjenjuje efikasnost memorijskog podsustava u računalima. Fokusiran je na mjerenje brzine i latencije različitih nivoa *cache* memorije (L1, L2, L3) i RAM-a. Glavni cilj testa je evaluacija performansi pristupa memoriji, uključujući nasumične i sekvencijalne operacije čitanja i pisanja podataka.



Slika 10. CacheBench test, izvor: izrada autora

CacheBench dijagram prikazuje performanse cache memorije procesora za operacije čitanja, pisanja te kombinacije čitanja, pisanja i modificiranja, izražene u megabajtima po sekundi. Sva četiri operacijska sustava pokazala su slične brzine čitanja od približno 11.000 MB/s, dok je prosječna brzina pisanja iznosila približno 63.000 MB/s. Uočava se razlika između Windows i Linux sustava u testu koji kombinira čitanje, pisanje i modificiranje, gdje su Ubuntu i Fedora postigli brzine veće od 115.000 MB/s, dok su Windows 10 i Windows 11 zadržali brzinu na približno 63.000 MB/s.

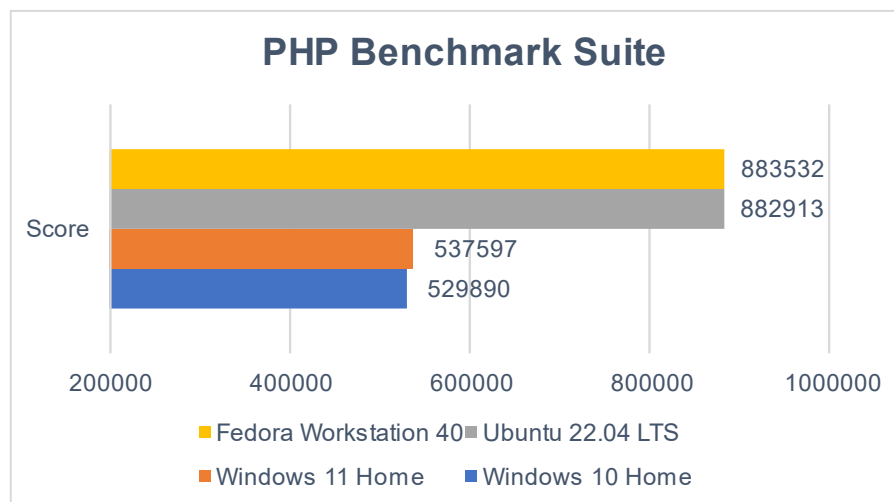
Pybench je alat za mjerenje performansi Python interpretatora. Testira različite aspekte izvršavanja Python skripti, poput funkcija, brojčanih operacija i manipulacije stringovima. Koristi se za usporedbu performansi Python verzija, različitih hardverskih konfiguracija i operacijskih sustava. Pomaže u optimizaciji Python kôda i povezane infrastrukture, čime doprinosi poboljšanju ukupne učinkovitosti sustava.



Slika 11. Pybench test, izvor: izrada autora

Grafikon na slici 11 prikazuje usporedbu performansi četiri različita operacijska sustava pomoću Pybenga, pri čemu je vrijeme izraženo u milisekundama. Horizontalne trake na grafikonu predstavljaju ukupno vrijeme potrebno za prosječna testiranja, pri čemu niže vrijednosti ukazuju na bolje performanse. Fedora Workstation 40 ima najkraće vrijeme s približno 803 milisekunde, a slijedi Ubuntu s oko 820 milisekundi. Verzije Windowsa pokazuju dulja vremena, što ukazuje na sporiju izvedbu, pri čemu Windows 11 postiže oko 990 milisekundi, a Windows 10 otprilike 1.020 milisekundi.

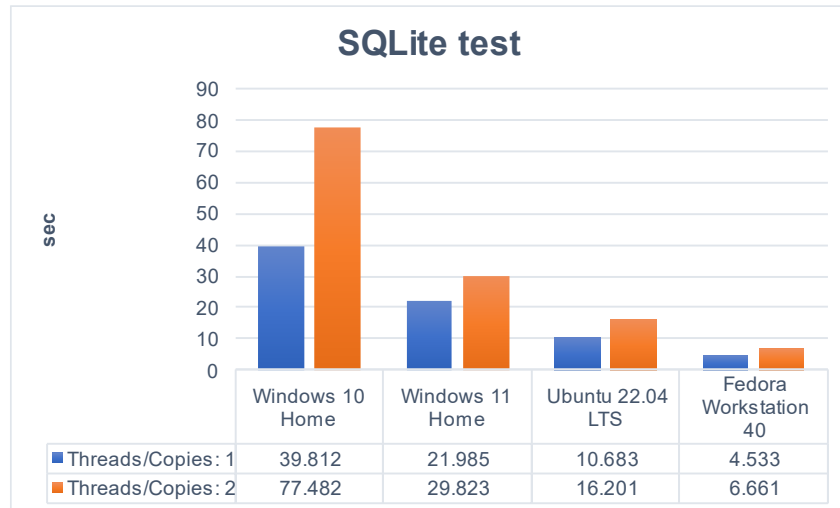
PHPBench je alat za mjerenje performansi PHP interpretatora. Testira funkcije, manipulaciju stringovima i brojčane operacije u PHP-u. Koristi se za usporedbu performansi različitih verzija PHP-a, hardverskih konfiguracija i operacijskih sustava. Pomaže optimizirati PHP kôd i infrastrukturu.



Slika 12. PHP Benchmark Suite test, izvor: izrada autora

Slika 12 prikazuje usporedbu performansi PHP-a za različite operacijske sustave. Najbolje performanse ostvaruju Fedora Workstation 40 i Ubuntu 22.04 LTS, s vrlo sličnim rezultatima od približno 883.000. Nasuprot tome, Windows 10 i Windows 11 imaju znatno niže rezultate, koji iznose približno 530.000.

SQLite test mjeri performanse SQLite baze podataka kroz operacije poput umetanja, ažuriranja, brisanja i pretraživanja. Koristi se za usporedbu verzija SQLite-a, različitih hardverskih konfiguracija i operacijskih sustava. Pomaže optimizirati učinkovitost SQLite baza.



Slika 13. SQLite test, izvor: izrada autora

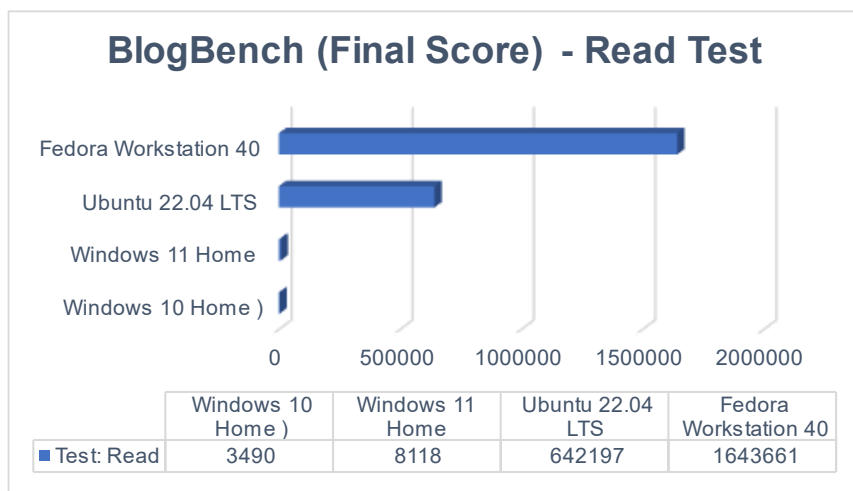
Slika 13 prikazuje stupčasti grafikon koji uspoređuje performanse SQLite testa na različitim operacijskim sustavima pri različitim brojevima dretvi. Za svaki operacijski sustav prikazana su vremena izvršavanja u sekundama s jednom dretvom i s dvije dretve, pri čemu kraće vrijeme označava bolje performanse.

Windows 10 Home pokazuje znatno duže vrijeme izvršavanja SQLite testa u usporedbi s drugim operacijskim sustavima, s oko 39 sekundi za jednu dretvu/kopiju i čak 77 sekundi za dvije, što ukazuje na lošiju skalabilnost pri višedretvenom radu. S druge strane, Windows 11 Home pokazuje poboljšanje performansi u odnosu na Windows 10, s 22 sekunde za jednu dretvu/kopiju i 30 sekundi za dvije, što ipak nije dovoljno da se približi Linux distribucijama.

Ubuntu 22.04 LTS značajno nadmašuje oba Windows operacijska sustava, sa samo 11 sekundi za jednu dretvu/kopiju i 16 sekundi za dvije, pokazujući bolju optimizaciju za SQLite operacije. Fedora Workstation 40 postiže najkraća vremena izvršavanja, s 4 do 5 sekundi za jednu dretvu/kopiju i 6 do 7 sekundi za dvije, što ukazuje na vrhunske performanse i izvrsnu sposobnost upravljanja resursima u višedretvenom okruženju.

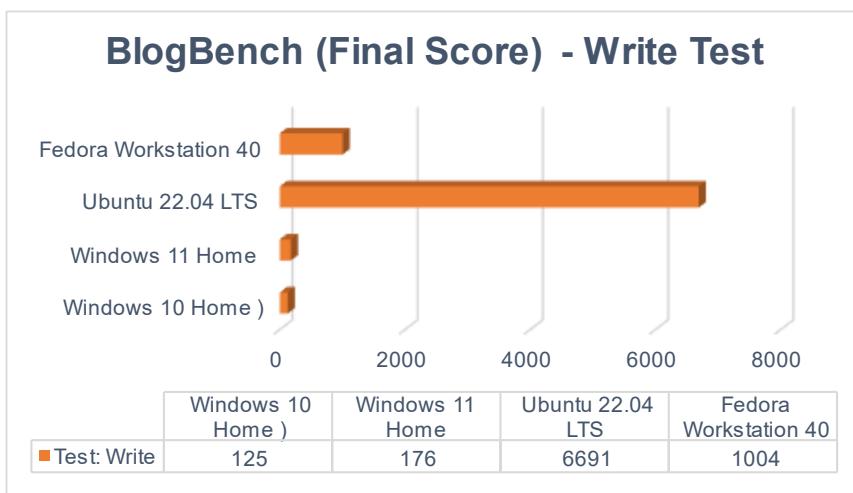
Ovi rezultati jasno pokazuju da Fedora i Ubuntu imaju značajnu prednost u brzini i skalabilnosti prilikom rukovanja SQLite operacijama, što ih čini boljim izborom za zadatke koji zahtijevaju visoku učinkovitost i paralelnu obradu podataka.

Blogbench mjeri performanse sustava za pohranu podataka simuliranjem *blog* operacija poput pisanja, čitanja i brisanja postova. Koristi se za usporedbu datotečnih sustava, hardverskih konfiguracija i operacijskih sustava, pomažući u optimizaciji performansi pohrane za *web* aplikacije.



Slika 14. BlogBench (read) test, izvor: izrada autora

Na slici 14 prikazani su rezultati performansi čitanja podataka za različite operacijske sustave. Fedora Workstation 40 postiže uvjerljivo najbolji rezultat, s velikom prednošću u odnosu na ostale sustave. Iza nje slijedi Ubuntu 22.04 LTS, koji također pokazuje dobre performanse, ali znatno niže od Fedore. Windows 11 Home i Windows 10 Home imaju značajno slabije rezultate u usporedbi s Linux distribucijama, pokazujući ograničenja u obavljanju operacija čitanja.



Slika 15. BlogBench (write) test, izvor: izrada autora

Na slici 15 prikazani su rezultati performansi zapisivanja podataka za različite operacijske sustave. Ubuntu 22.04 LTS postiže daleko najbolje performanse, znatno nadmašujući sve ostale sustave. Fedora Workstation 40 slijedi s boljim rezultatima od oba Windows sustava, iako su oni znatno niži u usporedbi s Ubuntuom. S druge strane, Windows 11 Home i Windows 10 Home pokazuju značajno lošije performanse, što ukazuje na ograničenu učinkovitost u operacijama zapisivanja podataka u usporedbi s Linux distribucijama.

Na temelju rezultata provedenih testova, može se zaključiti da Linux distribucije, posebno Fedora Workstation 40 i Ubuntu 22.04 LTS, pokazuju značajne prednosti u pogledu procesorskih performansi, općih performansi sustava, te performansi diskovnog sustava u usporedbi s Windows operacijskim sustavima. Fedora Workstation 40 redovito ostvaruje najbolje rezultate, dok Ubuntu također postiže vrlo dobre performanse, ali ponešto slabije u usporedbi s Fedorom. Windows 11 Home pokazuje blago poboljšanje u odnosu na Windows 10 Home, ali oba sustava zaostaju za Linux distribucijama, osobito u kontekstu višedretvenih operacija i učinkovitosti u manipulaciji podacima.

Ovi rezultati jasno ukazuju na prednosti Linux operacijskih sustava u različitim radnim okruženjima, posebno za zadatke koji zahtijevaju visoku brzinu obrade podataka i skalabilnost. S druge strane, Windows sustavi mogu imati prednosti u kompatibilnosti s određenim softverom i aplikacijama, ali njihove performanse mogu biti ograničene u uvjetima visokog opterećenja. Na temelju ove analize, korisnici i organizacije mogu donijeti informirane odluke pri odabiru operacijskog sustava koji najbolje odgovara njihovim potrebama i zahtjevima radnog okruženja.

6.2. Sigurnosna analiza

Sigurnosna analiza uspoređuje sigurnosne aspekte između Windows i Linux operacijskih sustava kako bi se utvrdile razlike u njihovoj otpornosti na potencijalne prijetnje. Sigurnosna procjena obuhvaća identifikaciju, ocjenu i klasifikaciju pronađenih ranjivosti, kao i preporuke za njihovo otklanjanje. Cilj analize je pružiti uvid u sigurnosne kapacitete oba sustava, istaknuti njihove snage i slabosti te doprinijeti boljem razumijevanju kako različiti operacijski sustavi odgovaraju na sigurnosne izazove. Rezultati usporedbe mogu poslužiti kao vodič za korisnike i organizacije pri odabiru sigurnijeg operacijskog sustava, ovisno o njihovim specifičnim potrebama i okruženju.

6.2.1. Metodologija

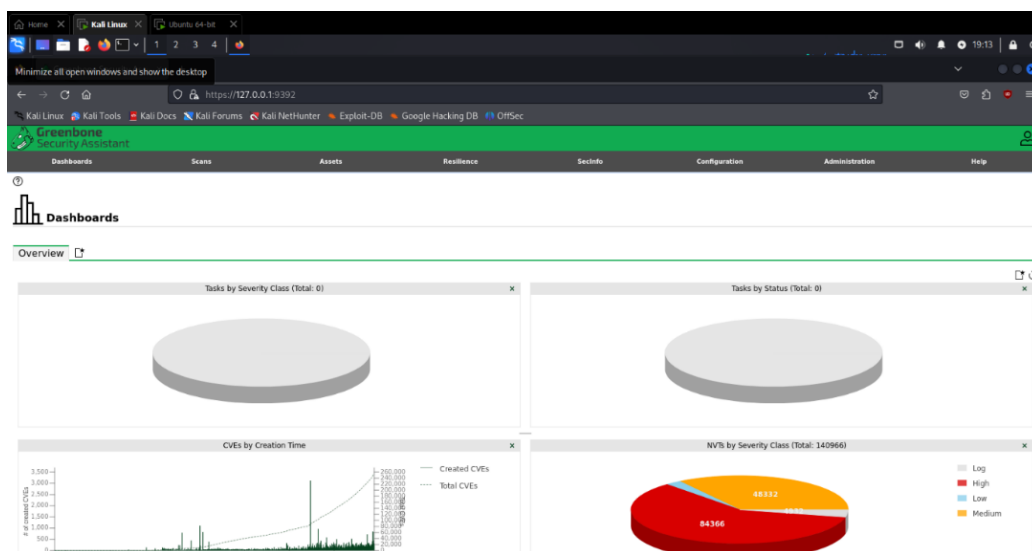
Za usporednu analizu sigurnosti između Windowsa i Linuxa odabrana su dva testna operacijska sustava, Ubuntu 22.04 LTS i Windows 11 Home. Za procjenu sigurnosnih ranjivosti na ovim sustavima korišten je alat *Open Vulnerability Assessment Scanner* (OpenVAS), instaliran na Kali Linuxu. OpenVAS je sveobuhvatan alat za skeniranje ranjivosti koji nudi širok raspon mogućnosti. Omogućuje neautenticirano i autenticirano testiranje, podržava različite internetske i industrijske protokole visokog i niskog nivoa te omogućuje podešavanje performansi za skeniranja velikih razmjera. Osim toga, koristi snažan interni

programski jezik za implementaciju raznih testova ranjivosti. Skener dobiva testove za otkrivanje ranjivosti iz *feedova*, redovitih ažuriranja podataka koji sadrže informacije o najnovijim sigurnosnim prijetnjama i ranjivostima. Ovi *feedovi* imaju dugu povijest i svakodnevna ažuriranja, što osigurava stalnu ažurnost i učinkovitost u otkrivanju novih prijetnji.

Tvrtka Greenbone razvija i upravlja OpenVAS-om od 2006. godine. Kao dio komercijalne obitelji proizvoda za upravljanje ranjivostima Greenbone Enterprise Appliance, skener je sastavni dio Greenbone Community Edition-a zajedno s drugim modulima otvorenog kôda. (OpenVAS, 2016)

Metodologija sigurnosne analize pomoću alata OpenVAS na operacijskom sustavu Kali Linux uključuje nekoliko ključnih koraka. Prvo je potrebno preuzeti i instalirati najnoviju verziju Kali Linuxa, a zatim sustav ažurirati korištenjem naredbi za ažuriranje i nadogradnju. Zatim, potrebno je instalirati alat OpenVAS koristeći naredbu za instalaciju, nakon čega se pokreće post-instalacijska skripta za konfiguraciju alata. Nakon konfiguracije, pokreće se *Greenbone Security Assistant* (GSA) web sučelje i bilježi se IP adresa i port na kojem radi.

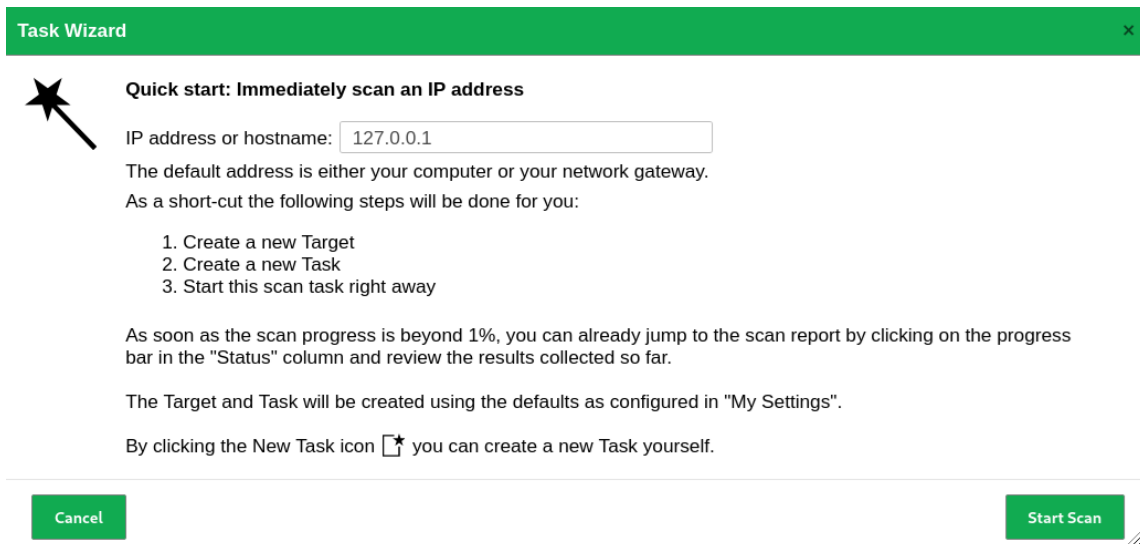
Ciljani sustavi za testiranje, Ubuntu 22.04 LTS i Windows 11 Home, moraju biti dostupni s definiranim statičkim IP adresama. Provjerava se mrežna povezanost između Kali Linuxa i ovih sustava korištenjem alata poput ping ili nmap.



Slika 16. Prikaz OpenVAS sučelja, izvor: izrada autora

Slika 16 prikazuje Greenbone sučelje od OpenVAS-a koje se automatski učitava provedbom naredbe `gvm-start` unutar terminala s *root* dopuštenjima. Unutar GSA web

sučelja, prijavljuje se korisnik i ažuriraju se *feedovi* kako bi se osigurali najnoviji podaci o ranjivostima. Zatim se kreira novi zadatak skeniranja, gdje se imenuje zadatak, definira ciljani IP i odabire profil skeniranja, poput "*Full and fast*". Dodatne opcije skeniranja, poput portova, autentifikacije i specifičnih testova ranjivosti, mogu se prilagoditi prema potrebi.



Slika 17. Prikaz pokretanja zadatka u OpenVAS-u, izvor: izrada autora

Slika 17 prikazuje čarobnjaka za zadatak koji će se izvršiti. U formu se upisuje IP adresa ciljanog operacijskog sustava, te nakon toga se započinje sa skeniranjem. Nakon pokretanja skeniranja, napredak je praćen unutar GSA sučelja. Po završetku skeniranja, rezultati su analizirani putem izvještaja koji su postali dostupni unutar GSA sučelja. Izvještaji su prikazali identificirane ranjivosti te pružili detalje kao što su razina ozbiljnosti i preporučene mjere za njihovo otklanjanje..

6.2.2. Rezultati i diskusija

U operacijskom sustavu Ubuntu 22.04 LTS nakon naredbe `ip a` u terminalu saznajemo IP adresu koju koristimo za daljnju sigurnosnu analizu. Provedenom analizom identificirano je pet potencijalnih ranjivosti na sustavu. Slika 18 prikazuje popis ovih ranjivosti, uključujući njihovu ozbiljnost, razinu kvalitete detekcije (engl. *Quality of Detection, QoD*), zahvaćeni host i IP adresu, lokaciju ranjivosti te vrijeme otkrivanja. Na temelju prikazanih rezultata može se započeti s procjenom sigurnosnih rizika i određivanjem potrebnih koraka za otklanjanje tih ranjivosti. Od pet identificiranih ranjivosti, u nastavku je detaljno opisana samo jedna kao primjer, budući da ima najveću ocjenu ozbiljnosti.

Vulnerability	Severity	QoD	Host IP	Name	Location	Created
ICMP Timestamp Reply Information Disclosure	2.1 (Low)	80 %	192.168.148.128		general/icmp	Mon, Jun 24, 2024 7:29 AM UTC
OS Detection Consolidation and Reporting	0.0 (Log)	80 %	192.168.148.128		general/tcp	Mon, Jun 24, 2024 7:29 AM UTC
Traceroute	0.0 (Log)	80 %	192.168.148.128		general/tcp	Mon, Jun 24, 2024 7:29 AM UTC
CPE Inventory	0.0 (Log)	80 %	192.168.148.128		general/CPE-T	Mon, Jun 24, 2024 7:31 AM UTC
Hostname Determination Reporting	0.0 (Log)	80 %	192.168.148.128		general/tcp	Mon, Jun 24, 2024 7:31 AM UTC

(Applied filter: apply_overrides=0 min_qod=70 sort-reverse=severity rows=10 first=1)

Slika 18. Rezultat sigurnosne analize Ubuntu, izvor: izrada autora

Na slici 19 prikazan je izvještaj o kibernetičkoj sigurnosti koji se odnosi na otkrivanje ranjivosti putem *Internet Control Message Protocol* (ICMP) vremenskih oznaka. Izvještaj identificira ranjivost pod nazivom *ICMP Timestamp Reply Information Disclosure* te navodi da bi informacije prikupljene ovom metodom potencijalno mogle biti iskorištene za napade na mrežne usluge. Prikazane su i dodatne informacije o ozbiljnosti ranjivosti, zahvaćenom hostu i tehnički detalji detekcije, što omogućuje bolje razumijevanje potencijalnog rizika.

Vulnerability

Name	ICMP Timestamp Reply Information Disclosure
Severity	2.1 (Low)
QoD	80 %
Host	192.168.148.128
Location	general/icmp

Summary

The remote host responded to an ICMP timestamp request.

Detection Result

The following response / ICMP packet has been received:
 - ICMP Type: 14
 - ICMP Code: 0

Slika 19. Prikaz pronađene ranjivosti Ubuntu, izvor: izrada autora

Slika 20 prikazuje drugi dio izvješća o ranjivosti *ICMP Timestamp Reply Information Disclosure*, koji uključuje metodu otkrivanja pomoću *ICMP Timestamp* zahtjeva i odgovora. Opisan je potencijalni utjecaj ranjivosti, koja može omogućiti napade na slabije generatore slučajnih brojeva temeljene na vremenu. Izvješće također nudi rješenja za smanjenje rizika, poput onemogućavanja *ICMP Timestamp* podrške i korištenja vatrozida za blokiranje ICMP paketa.

Detection Method

Sends an ICMP Timestamp (Type 13) request and checks if a Timestamp Reply (Type 14) is received.

Details: [ICMP Timestamp Reply Information Disclosure OID: 1.3.6.1.4.1.25623.1.0.103190](#)

Version used: 2023-05-11T09:09:33Z

Impact

This information could theoretically be used to exploit weak time-based random number generators in other services.

Solution

Solution Type: ↩ Mitigation

Various mitigations are possible:

- Disable the support for ICMP timestamp on the remote host completely
- Protect the remote host by a firewall, and block ICMP packets passing through the firewall in either direction (either completely or only for untrusted networks)

Slika 20. Nastavak izvješća o pronađenoj ranjivosti Ubuntu, izvor: izrada autora

Ranjivost se javlja kada sustav odgovori na ICMP zahtjev s vremenskim oznakama (engl. *ICMP Timestamp Request*) koje otkrivaju točno vrijeme na poslužitelju. Napadači mogu koristiti ove informacije za precizno sinkroniziranje napada (npr. predviđanje brojeva sekvenci u TCP napadima) ili analiziranje mrežne infrastrukture. Ova ranjivost ne uzrokuje direktno oštećenje sustava, ali može pomoći u pripremi složenijih napada. Alat je uspio pronaći ranjivu točku na ovom testu. Ozbiljnost te ranjivosti je ocijenjena sa ocjenom 2,1 i taj broj označava nisku ranjivost.

Nakon analize Ubuntu operacijskog sustava, na sličan način u naredbenom retku sa naredbom `ipconfig` saznajemo IP adresu operacijskog sustava Windows 11. Nakon provedene analize alat nam je ispisao deset testova ranjivosti, kako je prikazano na slici 21.

Vulnerability	Severity	QoD	IP	Name	Location	Created
DCE/RPC and MSRPC Services Enumeration Reporting	5.0 (Medium)	80 %	192.168.0.160		135/tcp	Mon, Jun 24, 2024 7:17 PM UTC
Services	0.0 (Log)	80 %	192.168.0.160		913/tcp	Mon, Jun 24, 2024 7:13 PM UTC
DCE/RPC and MSRPC Services Enumeration	0.0 (Log)	80 %	192.168.0.160		135/tcp	Mon, Jun 24, 2024 7:14 PM UTC
SMB/CIFS Server Detection	0.0 (Log)	80 %	192.168.0.160		445/tcp	Mon, Jun 24, 2024 7:14 PM UTC
SMB/CIFS Server Detection	0.0 (Log)	80 %	192.168.0.160		139/tcp	Mon, Jun 24, 2024 7:14 PM UTC
OS Detection Consolidation and Reporting	0.0 (Log)	80 %	192.168.0.160		general/tcp	Mon, Jun 24, 2024 7:15 PM UTC
SMB Remote Version Detection	0.0 (Log)	80 %	192.168.0.160		445/tcp	Mon, Jun 24, 2024 7:16 PM UTC
Traceroute	0.0 (Log)	80 %	192.168.0.160		general/tcp	Mon, Jun 24, 2024 7:16 PM UTC
VMware ESX/GSX Server detection	0.0 (Log)	80 %	192.168.0.160		913/tcp	Mon, Jun 24, 2024 7:16 PM UTC
VMware ESX/GSX Server detection	0.0 (Log)	80 %	192.168.0.160		903/tcp	Mon, Jun 24, 2024 7:16 PM UTC

Slika 21. Rezultat sigurnosne analize Windowsa 11, izvor: izrada autora

Nakon provedene sigurnosne analize alat je pronašao ranjivost srednje ozbiljnosti ocijenjen brojem 5,0 na testu *DCE/RPC and MSRPC Services Enumeration Reporting*. Pri analizi Windowsa 11 bitno je naglasiti da je bio aktiviran *Microsoft Defender Antivirus*.

MSRPC Services Enumeration Reporting specifično se odnosi na otkrivanje i analizu *Microsoft Remote Procedure Call (RPC)* servisa. To može uključivati servise poput Active Directoryja, Exchange servera, *Windows Management Instrumentation (WMI)* tehnologije za upravljanje i nadzor, te drugih servisa koji koriste RPC protokol. (Haviland, 2023)

DCE/RPC Enumeration omogućuje napadačima ili administratorima da prikupe informacije o dostupnim RPC uslugama, uključujući:

- *Identifikaciju servisa* – Prikupljanje popisa aktivnih RPC servisa i njihovih krajnjih točaka (portova).
- *Verzije softvera* – Informacije o verzijama softvera ili operacijskog sustava.
- *Podatke o korisnicima i grupama* – U nekim slučajevima, može otkriti informacije o korisničkim računima i pravima.
- *Otkrivanje ranjivih servisa* – Prikupljene informacije mogu se koristiti za identificiranje usluga s poznatim ranjivostima koje napadač može iskoristiti.

Slike 22 i 23 prikazuju test ranjivosti koji analizira okruženje distribuiranog računarstva (engl. *Distributed Computing Environment, DCE*) i usluge *Microsoft Remote Procedure Call (MSRPC)*. Izvješće pokazuje kako se povezivanjem na određene TCP portove na udaljenom hostu mogu identificirati aktivni DCE/RPC ili MSRPC servisi. Analiza pruža detalje o više mrežnih servisa, uključujući njihove jedinstvene identifikatore, mrežne krajnje točke i informacije o procesima koji ih pokreću. Prikazane ranjivosti pomažu u boljem razumijevanju izloženosti sustava i potencijalnih sigurnosnih prijetnji koje proizlaze iz dostupnosti tih servisa. Slika 23 nastavlja popis servisa i njihovih karakteristika, pružajući sveobuhvatan pregled mrežnih i sigurnosnih aspekata Windows 11 sustava.

Summary

Distributed Computing Environment / Remote Procedure Calls (DCE/RPC) or MSRPC services running on the remote host can be enumerated by connecting on port 135 and doing the appropriate queries.

Detection Result

Here is the list of DCE/RPC or MSRPC services running on this host via the TCP protocol:

Port: 49664/tcp

UUID: 12345778-1234-abcd-ef00-0123456789ac, version 1
Endpoint: ncacn_ip_tcp:192.168.0.160[49664]
Named pipe : lsass
Win32 service or process : lsass.exe
Description : SAM access

UUID: 51a227ae-825b-41f2-b4a9-1ac9557a1018, version 1
Endpoint: ncacn_ip_tcp:192.168.0.160[49664]
Annotation: Ngc Pop Key Service

UUID: 8fb74744-b2ff-4c00-be0d-9ef9a191fe1b, version 1
Endpoint: ncacn_ip_tcp:192.168.0.160[49664]
Annotation: Ngc Pop Key Service

UUID: b25a52bf-e5dd-4f4a-aea6-8ca7272a0e86, version 2
Endpoint: ncacn_ip_tcp:192.168.0.160[49664]
Annotation: KeyIso

Port: 49665/tcp

UUID: d95afe70-a6d5-4259-822e-2c84da1ddb0d, version 1
Endpoint: ncacn_ip_tcp:192.168.0.160[49665]

Port: 49666/tcp

UUID: f6beaff7-1e19-4fbb-9f8f-b89e2018337c, version 1
Endpoint: ncacn_ip_tcp:192.168.0.160[49666]
Annotation: Windows Event Log

Slika 22. Prikaz ranjivosti Windowsa 11, izvor: izrada autora

Port: 49667/tcp

UUID: 3a9ef155-691d-4449-8d05-09ad57031823, version 1
Endpoint: ncacn_ip_tcp:192.168.0.160[49667]

UUID: 86d35949-83c9-4044-b424-db363231fd0c, version 1
Endpoint: ncacn_ip_tcp:192.168.0.160[49667]

Port: 49668/tcp

UUID: 0b6edbfa-4a24-4fc6-8a23-942b1eca65d1, version 1
Endpoint: ncacn_ip_tcp:192.168.0.160[49668]

UUID: 12345678-1234-abcd-ef00-0123456789ab, version 1
Endpoint: ncacn_ip_tcp:192.168.0.160[49668]
Named pipe : spoolss
Win32 service or process : spoolsv.exe
Description : Spooler service

UUID: 4a452661-8290-4b36-8fbe-7f4093a94978, version 1
Endpoint: ncacn_ip_tcp:192.168.0.160[49668]

UUID: 76f03f96-cdfd-44fc-a22c-64950a001209, version 1
Endpoint: ncacn_ip_tcp:192.168.0.160[49668]

UUID: ae33069b-a2a8-46ee-a235-ddfd339be281, version 1
Endpoint: ncacn_ip_tcp:192.168.0.160[49668]

Port: 49669/tcp

UUID: 367abb81-9844-35f1-ad32-98f038001003, version 2
Endpoint: ncacn_ip_tcp:192.168.0.160[49669]

Slika 23. Nastavak prikaza ranjivosti Windowsa 11, izvor: izrada autora

Slika 24 prikazuje dio izvješća o ranjivosti DCE/RPC i MSRPC servisa na Windows 11 sustavu, koji uključuje metodu detekcije povezivanjem na određene TCP portove. Opisan je potencijalni utjecaj ove ranjivosti, koja može omogućiti napadaču da stekne dodatne informacije o udaljenom hostu, povećavajući rizik od daljnjih napada. Izvješće također nudi rješenje za smanjenje rizika, kao što je filtriranje dolaznog prometa na relevantnim portovima radi sprječavanja neovlaštenog pristupa.

Detection Method

Details: [DCE/RPC and MSRPC Services Enumeration Reporting OID: 1.3.6.1.4.1.25623.1.0.10736](#)
Version used: 2022-06-03T10:17:07Z

Impact

An attacker may use this fact to gain more knowledge about the remote host.

Solution

Solution Type: ↪ Mitigation
Filter incoming traffic to this ports.

Slika 24. Prikaz metode detekcije, potencijalnog utjecaja i rješenja za ranjivost Windowsa 11, izvor: izrada autora

Na temelju provedene usporedne analize sigurnosnih ranjivosti između operacijskih sustava Ubuntu 22.04 LTS i Windows 11 Home, koristeći alat OpenVAS, može se zaključiti da oba sustava pokazuju određeni stupanj izloženosti raznim prijetnjama. Ubuntu 22.04 LTS je pokazao manji broj ranjivosti s nižom razinom ozbiljnosti, dok je Windows 11 identificirao više ranjivosti, uključujući i ranjivosti srednje ozbiljnosti povezane s MSRPC servisima. Analiza je također istaknula važnost pravilne konfiguracije sustava i primjene zaštitnih mjera, poput filtriranja prometa i onemogućavanja nepotrebnih servisa, kako bi se smanjio rizik od potencijalnih napada. Zaključno, iako oba operacijska sustava imaju svoje prednosti i nedostatke, kontinuirano praćenje, ažuriranje i primjena odgovarajućih sigurnosnih politika ključni su za osiguranje zaštite i minimiziranje rizika od kibernetičkih prijetnji.

6.3. Komparativna analiza tržišnog udjela i područja primjene

Poglavlje analize tržišnog udjela i područja primjene pruža komparativnu analizu operacijskih sustava Windows i Linux koristeći statističke podatke o tržišnom udjelu, područjima primjene i preferencijama korisnika. Analiza uključuje procjenu tržišnog udjela Windowsa i Linuxa na desktop i poslužiteljskim platformama te identifikaciju ključnih industrija i sektora gdje se svaki sustav preferira. Također se istražuju razlozi za korisničke preferencije, uključujući cijenu, dostupnost aplikacija, korisničku podršku i sigurnost.

6.3.1. Metodologija

Metodologija uključuje pretraživanje i sakupljanje relevantnih podataka iz nekoliko pouzdanih izvora, kao što su StatCounter Global Stats i IMARC Group. StatCounter Global Stats prati globalnu upotrebu tehnologija, uključujući operacijske sustave i preglednike, pružajući statistike na temelju podataka s više od dva milijuna web stranica. IMARC Group pruža detaljna tržišna izvješća i analize o globalnim i regionalnim trendovima u IT i telekomunikacijskim sektorima. Ovi izvori zajedno nude sveobuhvatan uvid u tržišne trendove i korisničke preferencije.

Prikupljeni podaci se zatim organiziraju, vizualiziraju i analiziraju kako bi se identificirali trendovi i razlike između operacijskih sustava, istražila tržišna dominacija i izazovi za svaki operacijski sustav, te čimbenici uspjeha i prepreke, kao i preferencije različitih sektora i korisnika. Poglavlje omogućuje dublje razumijevanje upotrebe i preferencija vezanih uz Windows i Linux, pružajući objektivnu osnovu za ocjenu njihovih prednosti i nedostataka na globalnom tržištu.

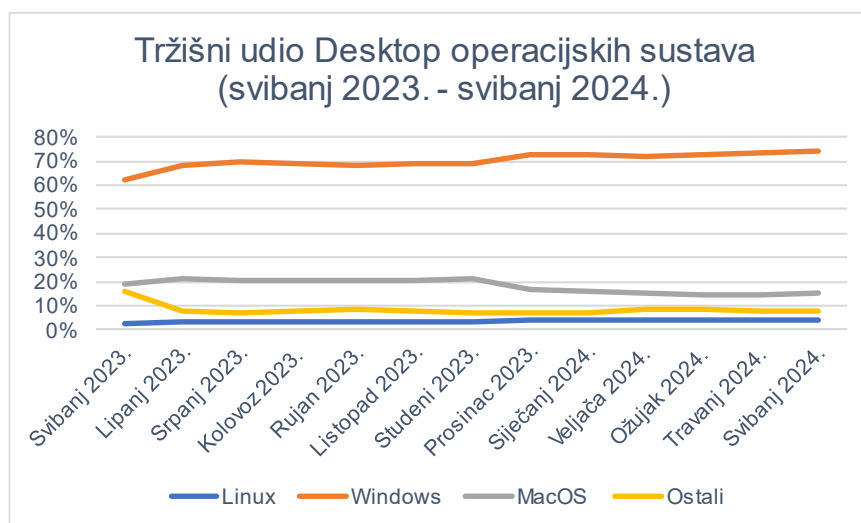
6.3.2. Rezultati i diskusija

Statcounter Global Stats je usluga koja pruža statističke podatke o upotrebi Interneta na globalnom nivou. Analizira udio tržišta web pretraživača, operacijskih sustava, mobilnih uređaja i društvenih mreža. Ovi podaci su korisni za analizu internet trendova i donošenje poslovnih odluka vezanih za digitalne strategije. Za analizu tržišta *desktop* operacijskih sustava zbog detaljnije preglednosti korišten je period od godinu dana u razdoblju od svibnja 2023. do svibnja 2024.

Na slici 25 prikazan je grafikon koji ilustrira tržišni udio *desktop* operacijskih sustava. Windows je jasno dominantan tijekom cijelog perioda, s udjelom koji se uglavnom kreće iznad 70%, što ukazuje na njegov najveći tržišni udio među svim operacijskim sustavima. Blagi porast udjela može se povezati s uvođenjem Windowsa 11 i poboljšanjima u sigurnosti i performansama. MacOS se nalazi na drugom mjestu, s udjelom koji ostaje stabilan, oko 15%, bez značajnih oscilacija tijekom promatranog razdoblja. Linux ima manji udio, ispod 5%, ali također pokazuje stabilnost u upotrebi, što sugerira da njegova ciljna demografska skupina kontinuirano preferira Linux kao primarni operacijski sustav.

Ostali operacijski sustavi, poput Chrome OS-a, Amiga OS-a, VxWorks-a, IBM-a i drugih, imaju vrlo mali udio na tržištu, koji se ne mijenja značajno tijekom promatranog razdoblja. Ovi podaci ukazuju na stabilne preferencije korisnika i konzistentnost u korištenju operacijskih

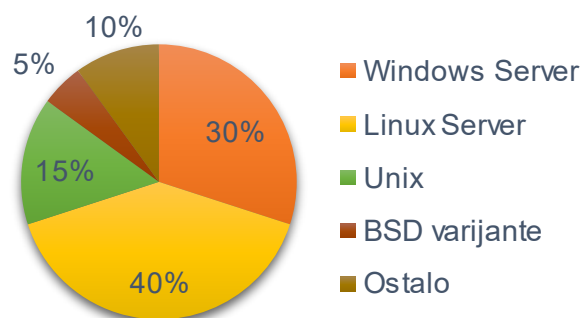
sustava, pri čemu većina šire javnosti preferira Windows, dok MacOS i Linux imaju svoje specifične korisničke skupine.



Slika 25. Tržišni udio Desktop operacijskih sustava, izvor: (OS Market Share, 2024)

Prema podacima iz izvješća IMARC Group, globalno tržište poslužiteljskih operacijskih sustava značajno je podijeljeno između nekoliko ključnih igrača koji dominiraju svojim udjelima. Ovi operacijski sustavi koriste se u raznim poslovnim okruženjima i industrijama, gdje je pouzdanost, skalabilnost i sigurnost od presudne važnosti. Slika 26 prikazuje tržišni udio poslužiteljskih operacijskih sustava, naglašavajući razlike u popularnosti između glavnih platformi kao što su Linux Server, Windows Server, Unix i BSD varijante. Ovi podaci pružaju uvid u preferencije organizacija pri odabiru poslužiteljskih operacijskih sustava, što može biti korisno za razumijevanje trenutnih trendova i očekivanja na tržištu.

Poslužiteljski operacijski sustavi



Slika 26. Tržišni udio poslužiteljskih operacijskih sustava, izvor: (Server Operating System Market, 2024)

Slika 26 prikazuje tržišni udio različitih poslužiteljskih operacijskih sustava izražen u postocima. Najzastupljeniji operacijski sustav u ovom segmentu je Linux Server s udjelom od 40%, čime zauzima vodeću poziciju među poslužiteljskim sustavima. Slijedi ga Windows Server s udjelom od 30%, koji također ima značajnu prisutnost na tržištu. Na trećem mjestu je Unix s udjelom od 15%, dok BSD varijante (poput FreeBSD, OpenBSD, NetBSD, Dragonfly BSD, GhostBSD itd.) zauzimaju 5% tržišnog udjela. Preostalih 10% otpada na kategoriju ostali operacijski sustavi, koji uključuju razne manje zastupljene platforme. Ovi podaci ukazuju na jasnu dominaciju Linuxa i Windowsa na tržištu poslužiteljskih operacijskih sustava.

6.3.3. Područja primjene Linuxa i Windowsa

Linux danas pokreće mnoge ključne sustave i uređaje, iako većina ljudi toga nije svjesna. Ovaj operacijski sustav koristi se u raznim industrijama, od superračunala i NASA-inih projekata do pametnih telefona i e-čitača poput Amazon Kindlea. Mnogi pametni televizori i uređaji za streaming sadržaja, poput Rokua i Chromecasta, temelje se na Linuxu, kao i brojni pametni satovi i prijenosna računala poput Chromebookova. U automobilskoj industriji, Linux je osnova za infotainment sustave i druge aplikacije u vozilima proizvođača poput Toyote i Volkswagena. Gaming industrija također koristi Linux, primjerice u operacijskom sustavu SteamOS. Velike društvene mreže kao što su Facebook, YouTube i Twitter te mnoge decentralizirane platforme oslanjaju se na Linux za svoje infrastrukture.

Linux se koristi i u poslovnim i vladinim sustavima, uključujući Njujoršku burzu, Pentagon i brojne američke vladine agencije. Svoje mjesto našao je i u maloprodaji, zabavnim sustavima u zrakoplovima te knjižnim sustavima u javnim knjižnicama. Čak i Apple koristi Linux za infrastrukturu poput iClouda i službene web stranice. Linuxova prisutnost u različitim sektorima i aplikacijama svjedoči o njegovoj svestranosti, stabilnosti i sigurnosti, što ga čini neophodnim dijelom moderne tehnologije. (Watkins, 2019)

Windows operacijski sustav primjenjuje se u mnogim različitim područjima, zahvaljujući svojoj fleksibilnosti i prilagodljivosti. U osobnoj upotrebi, Windows dominira na radnim površinama i prijenosnim računalima, gdje služi za svakodnevne zadatke poput pregledavanja Interneta, upravljanja datotekama, slanja e-pošte, igranja igara te gledanja filmova i slušanja glazbe. Također, često se koristi na kućnim računalima za obrazovne svrhe, zabavu i upravljanje kućnim financijama.

U poslovnim okruženjima (Tablica 5), Windows je standard za uredsku produktivnost, podržavajući aplikacije kao što su Microsoft Office. Poslovne aplikacije, uključujući

Enterprise Resource Planning (ERP)²⁶ i Customer Relationship Management (CRM)²⁷ sustave, često su razvijene upravo za Windows platformu. Windows Server operacijski sustavi koriste se za upravljanje mrežama, datotečnim poslužiteljima, bazama podataka i web poslužiteljima, čime osiguravaju učinkovito poslovanje.

Tablica 5. Odabir tvrtki između Windowsa i Linuxa

Tvrtke koje preferiraju Windows	Razlozi za korištenje Windowsa	Tvrtke koje preferiraju Linux	Razlozi za korištenje Linuxa
Financijske institucije	Kompatibilnost s raznim financijskim softverom te lakoće integracije s Microsoft Office proizvodima	Tehnološke tvrtke	Stabilnost, sigurnost i skalabilnost Linuxa čine ga idealnim za velike web usluge, računarstvo u oblaku i podatkovne centre
Velike korporacije	Podržavanje širokog raspona poslovnog softvera gdje Microsoft nudi snažnu podršku za ta okruženja	Pružatelji cloud usluga	Mnoge cloud-native aplikacije i usluge izgrađene su i optimizirane za Linux
Vladine agencije	Aplikacije koje koriste su ovisne o Windowsu, pogotovo u legacy sustavima	Telekomunikacijske tvrtke	Visoka fleksibilnost i performanse Linuxa u mrežnim zadacima.
Obrazovne ustanove	Široka dostupnost, jednostavnost korištenja i podrška za obrazovni softver.	Tvrtke za razvoj softvera	Open source sustav, snažno sučelje za naredbeni redak i kompatibilnost s raznim programskim jezicima i alatima.
Male i srednje tvrtke	Korisničko sučelje, široka podrška i niže početne složenosti u usporedbi s Linuxom.	Znanstvene i istraživačke institucije	Linuxove računalne sposobnosti, podrška za visoko-performantno računarstvo i dostupnost specijaliziranog znanstvenog softvera.

Izvor: izrada autora

Industrijska primjena Windowsa uključuje korištenje u industrijskim kontrolnim sustavima, proizvodnim linijama i upravljanju skladištima. Također se koristi u sustavima za automatizaciju i kontrolu procesa, omogućujući učinkovitije i preciznije operacije. U obrazovanju, Windows je prisutan u učionicama i laboratorijima, gdje podržava obrazovne

²⁶ ERP odnosi se na vrstu softvera koji organizacije koriste za upravljanje svakodnevnim poslovnim aktivnostima kao što su računovodstvo, nabava, upravljanje projektima, upravljanje rizicima i usklađenost te operacije opskrbnog lanca

²⁷ CRM sustav je alat za upravljanje odnosima s klijentima koji omogućuje tvrtkama upravljanje svim interakcijama i komunikacijama s postojećim i potencijalnim kupcima.

softvere, istraživanje i razvoj. Također omogućuje online učenje i daljinsku edukaciju putem različitih obrazovnih platformi i aplikacija. Windows je ključan i u razvoju softvera, gdje programeri koriste alate poput Visual Studija i .NET frameworka. Također se koristi za testiranje aplikacija namijenjenih Windows okruženju, osiguravajući njihovu kompatibilnost i funkcionalnost.

U zdravstvu, Windows platforma podržava mnoge medicinske uređaje i softverske aplikacije za upravljanje zdravstvenim zapisima. Bolnički sustavi koriste Windows za upravljanje podacima pacijenata, planiranje resursa i obavljanje administrativnih poslova, što doprinosi učinkovitosti zdravstvenih usluga. Zabava i multimedija također oslanjaju se na Windows, koji je popularna platforma za PC igre zahvaljujući širokoj podršci za igre i moćnom hardveru. Softveri za grafički dizajn, uređivanje videa i audio produkciju, poput Adobe Creative Suite, često se koriste na Windows platformi.

Konačno, u području Interneta stvari (engl. *Internet Of Things, IoT*), Windows se koristi na različitim pametnim uređajima za kućnu automatizaciju, industrijske aplikacije i pametne gradove. Sve ove primjene pokazuju koliko je Windows operacijski sustav prilagodljiv i koristan u različitim industrijama i svakodnevnim situacijama.

Zaključno, Linux i Windows operacijski sustavi imaju široku primjenu u raznim industrijama i sektorima, svaki sa svojim jedinstvenim prednostima i funkcionalnostima. Linux se ističe svojom stabilnošću, sigurnošću i fleksibilnošću, što ga čini idealnim izborom za poslužitelje, podatkovne centre, superračunala i specijalizirane aplikacije u znanosti, automobilizmu i gamingu. Njegova prisutnost u kritičnim infrastrukturnim sustavima poput Njujorške burze ili NASA-inih projekata svjedoči o povjerenju koje velike organizacije imaju u njegovu pouzdanost.

S druge strane, Windows dominira u osobnoj i poslovnoj upotrebi, zahvaljujući svojoj prilagodljivosti i širokoj podršci za razne softverske aplikacije. Njegova prisutnost u uredima, industrijskim sustavima, obrazovnim ustanovama, zdravstvu i IoT uređajima ističe njegovu sposobnost da zadovolji različite potrebe korisnika i organizacija. Dok Linux nastavlja jačati svoju ulogu u tehničkim i profesionalnim okruženjima, Windows zadržava svoju dominaciju među širim krugom korisnika i u poslovnim okruženjima zbog svoje kompatibilnosti i jednostavnosti korištenja. Oba sustava zajedno pružaju temelj za tehnološki napredak i inovacije, svaki u svom specifičnom kontekstu, čineći ih nezamjenjivima u modernom digitalnom ekosustavu.

7. ZAKLJUČAK

Na temelju komparativne analize Windows i Linux operacijskih sustava prikazane u ovom radu, mogu se izvesti nekoliko ključnih zaključaka. Cilj rada bio je prikazati opću arhitekturu operacijskih sustava, objasniti kako različite arhitekture funkcioniraju, te temeljito usporediti dva najvažnija operacijska sustava. Istražena je njihova arhitektura, povijest i razvoj te su detaljno analizirane njihove karakteristike, prednosti i nedostaci. Rad također obuhvaća pregled ključnih značajki poslužiteljskih operacijskih sustava, uključujući vrste, prednosti i slabosti svakog od njih, pružajući sveobuhvatan uvid u njihove funkcionalnosti.

Provedena istraživanja pokazala su da Linux sustav nadmašuje Windows u pogledu sigurnosti i performansi. Linux je prepoznat kao sigurniji operacijski sustav, što ga čini preferiranim izborom za korisnike kojima je sigurnost prioritet, osobito u poslužiteljskim okruženjima gdje je njegova pouzdanost ključna. Također, superiorne performanse Linuxa čine ga idealnim za zahtjevne zadatke u računalnim centrima i na poslužiteljima. S druge strane, analiza tržišnog udjela otkriva da korisnici *desktop* računala preferiraju Windows zbog njegove fleksibilnosti, jednostavnosti korištenja i široke kompatibilnosti sa softverskim aplikacijama, što ga čini popularnim izborom za širu publiku. Dok Windows nudi pristupačno i prilagodljivo okruženje za prosječne korisnike, Linux se ističe kao najbolji izbor za one koji cijene sigurnost, stabilnost i *open source* prirodu sustava.

U području poslužiteljskih sustava, operacijski sustavi temeljeni na Linuxu često su preferirani zbog svoje sigurnosti i brzine. Konačan odabir između Windowsa i Linuxa ovisi o specifičnim potrebama korisnika i njihovoj namjeni. Windows se ističe fleksibilnošću i jednostavnošću korištenja za krajnje korisnike, dok Linux pruža veću razinu sigurnosti i bolje performanse, što ga čini idealnim za poslužitelje i korisnike s naglaskom na sigurnost. Oba sustava imaju svoje prednosti i nedostatke, stoga je važno odabrati onaj koji najbolje odgovara specifičnim zahtjevima i prioritetima korisnika.

Zaključno, i Windows i Linux imaju ključne uloge u modernom tehnološkom ekosustavu i nastaviti će biti relevantni i u budućnosti. Njihova raznolika primjena i specifične prednosti čine ih nezamjenjivima u svojim domenama. Prilikom odabira operacijskog sustava, organizacije i korisnici trebaju uzeti u obzir svoje specifične zahtjeve, dugoročne ciljeve i prioritetne aspekte poput sigurnosti, kompatibilnosti i troškova. Prilagodba potrebama korisnika i stalno poboljšanje sustava ključni su za održavanje konkurentnosti i efikasnosti u dinamičnom svijetu tehnologije.

LITERATURA

- 8 *Most Popular Linux Distributions*. (14. Svibanj 2024). Dohvaćeno iz Geeks for geeks: <https://www.geeksforgeeks.org/8-most-popular-linux-distributions/>
- Awati, R. (Travanj 2023). *Definition - Windows NT*. Dohvaćeno iz Tech Target: <https://www.techtarget.com/searchwindowserver/definition/Windows-NT>
- Awati, R. (January 2024). *GNU Project*. Dohvaćeno iz TechTarget: <https://www.techtarget.com/whatis/definition/GNU-project>
- Ballejos, L. (1. Veljača 2024). *What is CP/M?* Dohvaćeno iz Ninja One: <https://www.ninjaone.com/it-hub/it-service-management/what-is-cp-m/>
- BasuMallick, C. (15. Srpanj 2022). *What Is Ansible? Uses, Working, Architecture, Features*. Dohvaćeno iz Spice Works: <https://www.spiceworks.com/tech/devops/articles/what-is-ansible/>
- Choo, M. (22. Srpanj 2023). *Explaining BSD*. Dohvaćeno iz FreeBSD: <https://docs.freebsd.org/en/articles/explaining-bsd/>
- ClearType*. (3. Lipanj 2020). Dohvaćeno iz Computer Hope: <https://www.computerhope.com/jargon/c/cleartyp.htm>
- Fisher, T. (31. Kolovoz 2023). *What Is USB 3.0?* Dohvaćeno iz Life Wire: <https://www.lifewire.com/what-is-usb-3-0-2626038>
- Garland, M. R. (2003). *The L4 microkernel*. James Madison University, Harrisonburg, VA.
- Gibbs, S. (2. Listopad 2014). *From Windows 1 to Windows 10: 29 years of Windows evolution*. Dohvaćeno iz The Guardian: <https://www.theguardian.com/technology/2014/oct/02/from-windows-1-to-windows-10-29-years-of-windows-evolution>
- Guim, M. (5. Kolovoz 2015). *How to use Live Tiles in Windows 10*. Dohvaćeno iz Windows Central: <https://www.windowscentral.com/how-to-use-windows-10-live-tiles>
- Haviland, J. (6. Prosinac 2023). *The Risks of DCE/RPC Service Enumeration*. Dohvaćeno iz Critical Path Security: <https://www.criticalpathsecurity.com/the-risks-of-dce-rpc-service-enumeration/>
- How can you build a modular operating system?* (2024). Dohvaćeno iz LinkedIn: <https://www.linkedin.com/advice/0/how-can-you-build-modular-operating-system-skills-operating-systems>
- Klein, M. (26. Listopad 2021). *What Is DOS?* Dohvaćeno iz Code Academy: <https://www.codecademy.com/resources/blog/what-is-dos/>
- Krogh, E. (2017). *An Introduction To Windows Operating System*. Bookboon.
- Laukkonen, J. (1. Prosinac 2023). *What Is TPM?* Dohvaćeno iz Life Wire: <https://www.lifewire.com/what-is-tpm-7253557>
- LinkedIn. (2024). *How can you use hybrid operating systems to improve your work?* Dohvaćeno iz LinkedIn: <https://www.linkedin.com/advice/0/how-can-you-use-hybrid-operating-systems-improve>
- Linux Operating System*. (16. Travanj 2024). Dohvaćeno iz Techtargget: <https://www.techtarget.com/searchdatacenter/definition/Linux-operating-system>
- Lunduke, B. (2. Studeni 2017). *What is MINIX? The most popular OS in the world, thanks to Intel*. Dohvaćeno iz Network World:

- <https://www.networkworld.com/article/964650/minix-the-most-popular-os-in-the-world-thanks-to-intel.html>
- Lutkevich, B. (Kolovoz 2024). *What is an API (application programming interface)?* Dohvaćeno iz TechTarget: <https://www.techtarget.com/searcharchitecture/definition/application-program-interface-API>
- Marcoaldi, M. (10. Srpanj 2023). *What is QNX and what is it used for?* Dohvaćeno iz Managed Server: <https://www.managedserver.eu/qnx-things-and-what-is-it-for/>
- Microkernel In Operating System.* (21. Svibanj 2024). Dohvaćeno iz Java T Point: <https://www.javatpoint.com/microkernel-in-operating-system>
- Mohammed, A. (9. Srpanj 2022). *What Is GNOME in Linux?* Dohvaćeno iz How To Geek: <https://www.howtogeek.com/808226/what-is-gnome-in-linux/>
- Monolithic Structure Of Operating System.* (5. Svibanj 2024). Dohvaćeno iz Java T Point: <https://www.javatpoint.com/monolithic-structure-of-operating-system>
- Navsariwala, M. (31. Svibanj 2022). *What is a Server Cluster?* Dohvaćeno iz Server Mania: <https://blog.servermania.com/server-cluster>
- Oishi, A. Z. (20. Studeni 2023). *Linux Simply.* Dohvaćeno iz Architecture of Linux Operating System: <https://linuxsimply.com/linux-basics/introduction/architecture-of-linux-operating-system/>
- OpenVAS.* (19. Veljača 2016). Dohvaćeno iz Vulners: <https://vulners.com/openvas/OPENVAS:1361412562310105937>
- OS Market Share.* (2024). Dohvaćeno iz Global Stats: StatsCounter: <https://gs.statcounter.com/os-market-share/desktop/worldwide/#monthly-202305-202405>
- Ram, G. (17. Travanj 2024). *My First Linux Kernel Module.* Dohvaćeno iz Medium: <https://medium.com/@ganga.jaiswal/my-first-linux-kernel-module-b0de91a3c492>
- Roach, J. (21. Siječanj 2023). *What is DirectX, and why is it important for PC games?* Dohvaćeno iz Digital Trends: <https://www.digitaltrends.com/computing/what-is-directx/>
- Rouse, M. (30. Rujan 2011). *K Desktop Environment.* Dohvaćeno iz Techopedia: <https://www.techopedia.com/definition/3526/k-desktop-environment-kde>
- Server Operating System.* (2023). Dohvaćeno iz Hasons: <https://hasonss.com/blogs/server-operating-system/>
- Server Operating System Market.* (2024). Dohvaćeno iz IMARC Group: <https://www.imarcgroup.com/server-operating-system-market>
- Taylor, E. (2. Srpanj 2024). *What is Cisco? A Detailed Explanation.* Dohvaćeno iz The Knowledge Academy: <https://www.theknowledgeacademy.com/blog/what-is-cisco/>
- The Definition of Windows Operating System: History, Functions, and Features.* (8. Travanj 2024). Dohvaćeno iz Telkom University Information Technology Center: <https://it.telkomuniversity.ac.id/en/windows-operating-system/>
- Watkins, D. (30. Kolovoz 2019). *11 surprising ways you use Linux every day.* Dohvaćeno iz Open Source: <https://opensource.com/article/19/8/everyday-tech-runs-linux>

PRILOZI

Popis slika

<i>Slika 1. Monolitni kernel.....</i>	<i>5</i>
<i>Slika 2. Mikrojezgrena arhitektura.....</i>	<i>7</i>
<i>Slika 3. Arhitektura Windows OS-a.....</i>	<i>16</i>
<i>Slika 4. Slojevi Linux arhitekture.....</i>	<i>25</i>
<i>Slika 5. 7-zip compress test.....</i>	<i>35</i>
<i>Slika 6. Lame MP3 Encoding test.....</i>	<i>36</i>
<i>Slika 7. AOBench test.....</i>	<i>37</i>
<i>Slika 8. WebP Image Encode test.....</i>	<i>37</i>
<i>Slika 9. CoreMark test.....</i>	<i>38</i>
<i>Slika 10. CacheBench test.....</i>	<i>39</i>
<i>Slika 11. Pybench test.....</i>	<i>39</i>
<i>Slika 12. PHP Benchmark Suite test.....</i>	<i>40</i>
<i>Slika 13. SQLite test.....</i>	<i>41</i>
<i>Slika 14. BlogBench (read) test.....</i>	<i>42</i>
<i>Slika 15. BlogBench (write) test.....</i>	<i>42</i>
<i>Slika 16. Prikaz OpenVAS sučelja.....</i>	<i>44</i>
<i>Slika 17. Prikaz pokretanja zadatka u OpenVAS-u.....</i>	<i>45</i>
<i>Slika 18. Rezultat sigurnosne analize Ubuntu.....</i>	<i>46</i>
<i>Slika 19. Prikaz pronađene ranjivosti Ubuntu.....</i>	<i>46</i>
<i>Slika 20. Nastavak izyješća o pronađenoj ranjivosti Ubuntu.....</i>	<i>47</i>
<i>Slika 21. Rezultat sigurnosne analize Windowsa 11.....</i>	<i>47</i>
<i>Slika 22. Prikaz ranjivosti Windowsa 11.....</i>	<i>49</i>
<i>Slika 23. Nastavak prikaza ranjivosti Windowsa 11.....</i>	<i>49</i>
<i>Slika 24. Prikaz metode detekcije, potencijalnog utjecaja i rješenja za ranjivost Windowsa 11.....</i>	<i>49</i>

.....	50
<i>Slika 25. Tržišni udio Desktop operacijskih sustava</i>	<i>52</i>
<i>Slika 26. Tržišni udio poslužiteljskih operacijskih sustava.....</i>	<i>52</i>

Popis tablica

<i>Tablica 1. Usporedba Windows NT distribucija.....</i>	<i>14</i>
<i>Tablica 2. Usporedba Linux distribucija.....</i>	<i>20</i>
<i>Tablica 3. Usporedba poslužiteljskih operacijskih sustava i distribucija</i>	<i>31</i>
<i>Tablica 4. Prikaz korištenih testova kroz kategorije</i>	<i>34</i>
<i>Tablica 5. Odabir tvrtki između Windowsa i Linuxa</i>	<i>54</i>