

# Adaptivni web dizajn: Pregled literature

Damir Pozderac

Odsjek za računarstvo i informatiku

Elektrotehnički fakultet

Univerzitet u Sarajevu

Sarajevo, Bosna i Hercegovina

[dpozderac1@etf.unsa.ba](mailto:dpozderac1@etf.unsa.ba)

Vensada Okanović

Odsjek za računarstvo i informatiku

Elektrotehnički fakultet

Univerzitet u Sarajevu

Sarajevo, Bosna i Hercegovina

[vokanovic@etf.unsa.ba](mailto:vokanovic@etf.unsa.ba)

**Sažetak**—Adaptivni web dizajn predstavlja jedno od područja koje se posljednjih godina ubrzano razvija. Mogućnosti koje pruža su velike. Međutim, da bi se unaprijedila postojeća rješenja i kreirala nova, potrebno je analizirati prednosti i nedostatke dosadašnjih istraživanja u ovom polju. Ovaj rad predstavlja sistematičnu analizu literature koja se tiče adaptivnog web dizajna, što je od pomoći za buduća istraživanja iz ove oblasti. Praćenjem *Light SLR* pristupa sistematičnog pregleda literature, kroz nekoliko istraživačkih pitanja su analizirani problemi koje pokušavaju riješiti istraživanja iz područja adaptivnog web dizajna, pristupi koji se mogu koristiti za poboljšanje korisničkog iskustva putem adaptacije korisničkog interfejsa i načini na koje se radi evaluacija postojećih i novih rješenja iz ove oblasti.

**Glavne riječi**—adaptivnost, adaptivni web dizajn, korisnički interfejs, pregled literature

## I. UVOD

U današnje vrijeme, veliki broj korisnika svakodnevno pristupa web stranicama. Internet se koristi za pristup web stranicama na različitim vrstama uređaja kao što su desktop računari, tableti i mobilni telefoni. Zbog ovoga, nije dovoljno napraviti web stranice koje će biti funkcionalne i ispravno prikazane na samo jednom tipu uređaja ili za jednu veličinu ekrana. Prilikom dizajna web stranica, potrebno je razmatrati i specifičnosti korisnika koji im pristupaju. Konkretnije, potrebno je uzeti u obzir različite jezike i kulturološke pozadine korisnika, pristupačnost web stranica, inkluzivnost, itd. Naime, korisnici koji pripadaju različitim kulturama, na različite načine interpretiraju sadržaj web stranice i poželjno je da sadržaj stranice bude prikazan na način na koji oni očekuju (npr. ukoliko se riječi korisnikovog maternjeg jezika zapisuju s lijeva nadesno, onda će korisnik i na web stranici očekivati da je sadržaj prikazan na način da se stranica "čita" s lijeva nadesno). Potrebno je voditi računa i o pristupačnosti web stranice korisnicima koji imaju određene poteškoće. Ove poteškoće se mogu odnositi na motoričke probleme, probleme sa vidom, neurološke poremećaje (autizam, ADHD i sl.), genetske poremećaje, itd.

Na osnovu prethodno navedenog, jasno je da dizajn web stranica nije trivijalan zadatak i da je potrebno uzeti u obzir veliki broj različitih faktora. Dva najčešća pristupa dizajna web stranica su:

- **Responzivni web dizajn**, koji razvojnim programerima omogućava da na jednostavan način, putem CSS pravila, definiraju kako će se stranica ponašati u zavisnosti od

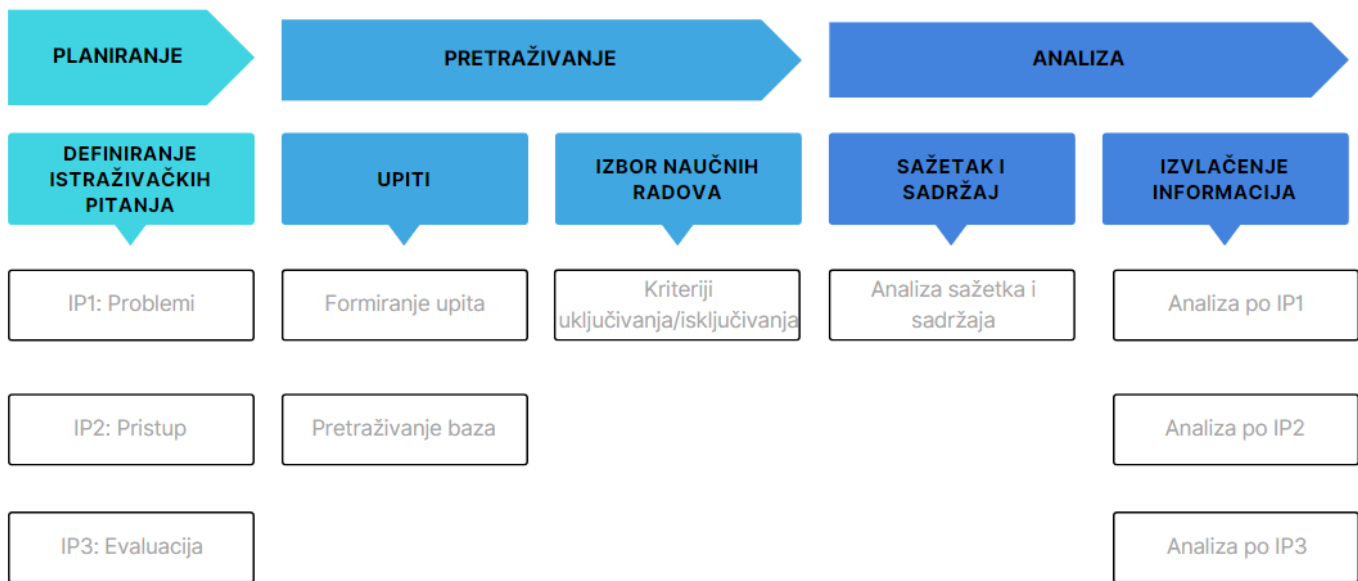
veličine ekrana. Glavni sadržaj web stranice je isti na svim veličinama ekrana, ali se raspored elemenata mijenja kako bi se korisnicima olakšalo pretraživanje i navigacija. Responzivni web dizajn predstavlja najbolji izbor u situacijama kada web stranica treba biti napravljena tako da radi na širokom spektru različitih uređaja. Riječ je o isplativom i učinkovitom načinu za postizanje kompatibilnosti na više uređaja.

- **Adaptivni web dizajn**, koji se najčešće odnosi na kreiranje više verzija web stranice za različite veličine ekrana (tipično se kreira 6 verzija). Kada se pristupa stranici, učitava se ona njena verzija čije su dimenzije najbližije dimenzijama ekrana na kojem je pokrenut web preglednik. Ipak, adaptivni dizajn ima i druge definicije. U ovom radu će se pod adaptivnim dizajnom smatrati prilagođavanje web stranice različitim situacijama i različitim korisnicima koji joj pristupaju. Razmatrat će se situacije u kojima se adaptivni web dizajn primjenjuje prilikom kreiranja platformi za e-učenje koje omogućavaju prilagođavanje sadržaja pojedincima, web stranica za osobe sa poteškoćama, AR/VR web aplikacija, itd. Adaptivni web dizajn je dobar izbor prilikom kreiranja složenih web stranica gdje različiti uređaji zahtijevaju značajno različita korisnička iskustva. Osim toga, ove stranice često koriste adaptivni dizajn kako bi se korisnicima omogućilo jedinstveno iskustvo, koje je prilagođeno njihovim potrebama i preferencijama.

U ovom radu će biti prikazan sistematični pregled postojeće literature iz oblasti adaptivnog web dizajna. Poglavlje II opisuje način na koji je provedena analiza radova, dok poglavlje III demonstrira rezultate dobivene detaljnijom analizom pojedinih radova i njihovom podjelom u različite grupe u zavisnosti od toga koje se istraživačko pitanje razmatra. Poglavlje IV, osim zaključka, navodi kako se rezultati rada mogu iskoristiti za napredak istraživanja u navedenoj oblasti.

## II. SISTEMATIČNI PREGLED LITERATURE

Za kreiranje sistematičnog pregleda literature, korištene su preporuke koje su naveli Stapic et al. [1] i Kitchenham i Charters [2]. Slika 1 prikazuje korake i podkorake procesa pri vršenju sistematičnog pregleda literature. Ovaj rad prati tzv. *Light Systematic Literature Review (Light SLR)*, koji je



Slika 1. Detaljni prikaz procesa sistematičnog pregleda literature

posebno prilagođen za studente doktorskog studija i, generalno, istraživače koji samostalno rade pregled literature i koji uzima u obzir opsežnost cijelog procesa. Zbog svega navedenog, *Light SLR* podrazumijeva manje koraka od uobičajenog pregleda literature, koji obavljaju skupine istraživača.

Prije opisa procedure koja će biti korištena za analizu radova, potrebno je definirati specifičnosti preglednog rada koji prati *Light SLR* preporuke. Naime, u ovom radu će se za relevantne baze naučnih radova koristiti mali skup postojećih baza. Osim toga, neće biti rađeno proširivanje skupine radova za razmatranje na osnovu citata (eng. *snowballing*), jer je riječ o veoma opsežnom procesu. Osim navedenih razlika, faze analiziranja radova će biti obavljene prema prethodno opisanim preporukama.

Kada je riječ o samoj proceduri, ona se obavlja u tri koraka: planiranje, pretraživanje i analiza. U prvom koraku se definiraju istraživačka pitanja. U drugom koraku se obavlja pretraživanje literature, određuju se izvori iz kojih se prikupljaju radovi i primjenjuju se kriteriji za uključivanje i isključivanje radova iz analize. Treći korak podrazumijeva procjenu kvaliteta radova i izdvajanje podataka. U nastavku će detaljnije biti opisan svaki od ovih koraka.

#### A. Definiranje istraživačkih pitanja

Prije početka istraživanja teme, potrebno je definirati pitanja kojima će istraživanje biti posvećeno (u nastavku će se "IP" koristiti kao skraćenica za "istraživačko pitanje"):

- IP1: **Koji problem se pokušava riješiti?**
- IP2: **Koji pristup ili pristupi su korišteni prilikom rješavanja problema?**
- IP3: **Na koji način je izvršena evaluacija?**

#### B. Pretraživanje literature

Pretraživanje literature za pregledni rad je obavljeno u nekoliko koraka. Prvi korak je formiranje upita. Drugi korak je pretraživanje relevantnih baza radova na osnovu prethodno definiranih upita. Treći korak je primjena kriterija za uključivanje i isključivanje pojedinih radova iz razmatranja. Konačno, na osnovu sažetaka i tekstova radova je urađeno dodatno filtriranje kako bi ostali samo oni radovi koji su direktno vezani za adaptivni web dizajn. Nakon što su završeni prethodno navedeni koraci, preostali radovi su analizirani na osnovu postavljenih istraživačkih pitanja. Svi podkoraci ovog procesa bit će detaljno opisani u nastavku.

##### 1) Formiranje upita

Da bi se uopće moglo uraditi pretraživanje relevantnih radova, potrebno je prvo formirati upite koji će se koristiti nad relevantnim naučnim bazama. Korištene su sljedeće ključne riječi: "*adaptive web design*", "*web adaptivity*", "*adaptive web layout*", "*adaptive user interface*".

##### 2) Relevantne baze naučnih radova

Prilikom analize literature, korištene su tri relevantne naučne baze: *IEEE Xplore*, *Elsevier* i *ACM*. Naravno, postoje i druge relevantne baze naučnih radova koje nisu uključene u ovo razmatranje, ali shodno prethodno navedenim specifičnostima *Light SLR* iz [1], korištene su samo ove tri navedene baze. Na osnovu upita iz Poglavlja II-B1, izvršena je pretraga naučnih radova. Razmatrani su i konferencijski i žurnalski radovi. Tabela I prikazuje informacije o broju radova iz svake od tri baze prije i nakon vršenja filtriranja.

Tabela I  
 PREGLED BROJA RADOVA ZA SVAKU OD TRI RELEVANTNE BAZE PRIJE I  
 NAKON VRŠENJA FILTRIRANJA

Relevantna baza	Broj radova prije filtriranja	Broj radova nakon filtriranja
IEEE Xplore	27	20
Elsevier	11	10
ACM	25	19
	<b>63</b>	<b>49</b>

### 3) Kriteriji za uključivanje/isključivanje radova iz razmatranja

Za izbor radova koji će se razmatrati u nastavku, korišteno je nekoliko kriterija za uključivanje i isključivanje iz razmatranja.

Korišteni kriteriji uključivanja su:

- Rad je objavljen između 2010. i 2023. godine;
- Rad je napisan na engleskom jeziku;
- Sažetak rada je dostupan.

Korišteni kriteriji isključivanja su:

- Rad nije konferencijski ili žurnalski;
- Rad se ne odnosi na softver.

Nakon ovog koraka, u razmatranju su ostala 63 naučna rada.

### 4) Analiza sažetka i sadržaja preostalih radova

Iako je prethodni korak rezultirao time da su preostali radovi usko vezani uz oblast od interesa, ipak je bilo potrebno uraditi dodatno filtriranje na osnovu sažetka i sadržaja. Pojedini radovi su se odnosili na adaptivni dizajn, ali nije bilo riječi o primjeni adaptivnog dizajna nad web aplikacijama. Postojali su i radovi koji se vezuju za adaptaciju na webu, ali se ta adaptacija odnosi na web pretraživanje ili *crawling*. Ovakvi radovi su eliminirani iz daljeg razmatranja. Nakon ove faze, u razmatranju je ostalo 49 naučnih radova.

## III. REZULTATI

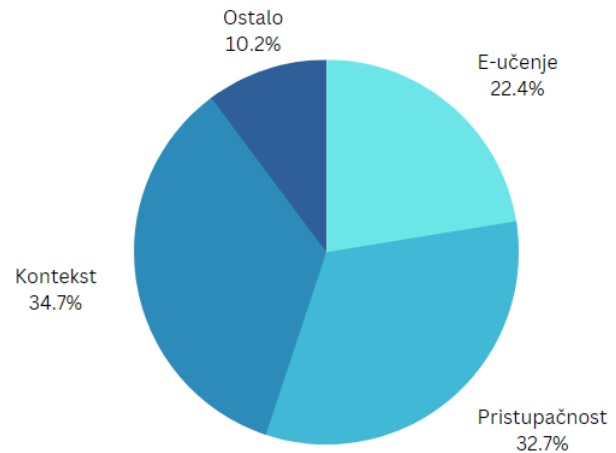
### A. Koji problem se pokušava riješiti? (IP1)

Kako bi se dobio odgovor na prvo istraživačko pitanje, potrebno je razmotriti oblasti kojima se bave radovi koji su preostali u užem izboru. Postoje četiri kategorije adaptivnog web dizajna u koje se radovi mogu svrstati:

- 1) Platforme za e-učenje
- 2) Pristupačni adaptivni web dizajn
- 3) Adaptacija web dizajna na osnovu konteksta
- 4) Ostalo

Slika 2 prikazuje kategorije i procenat radova koji pripadaju svakoj od njih. Sa slike se jasno vidi da najviše radova pripada kategorijama "Pristupačni adaptivni web dizajn" i "Adaptacija web dizajna na osnovu konteksta". Nešto manji broj radova pripada kategoriji "Platforme za e-učenje" a samo nekolicina radova pripada kategoriji "Ostalo". Navedene kategorije predstavljaju grubu podjelu radova. Svaka od kategorija posjeduje i određene podkategorije, jer svaki rad zadanu tematiku obrađuje na drugačiji način. U nastavku će detaljnije biti opisana

svaka kategorija, kao i konkretni problemi koje rješavaju radovi koji joj pripadaju.



Slika 2. Procenat radova koji pripadaju kategorijama na osnovu problema koji rješavaju

### 1) Platforme za e-učenje

Sistem za upravljanje učenjem (eng. *Learning Management System - LMS*) je sistem e-učenja koji sadrži karakteristike za distribuciju kurseva putem Interneta i online saradnju. Olakšava komunikaciju između nastavnika i učenika/studenta, praćenje napretka učenika/studenta i sigurno dijeljenje sadržaja kurseva putem online platformi [3]. Platforme za e-učenje se mogu unaprijediti dodavanjem novih funkcionalnosti a svakako jedna od najzanimljivijih je prilagođavanje sadržaja na osnovu specifičnosti svakog učenika/studenta. Adaptivni dizajn je jedno od područja koje se intenzivno proučava kada je riječ o izgradnji platformi za e-učenje. Naravno, postoje različiti problemi prilikom prilagođavanja platformi za e-učenje.

Da bi se uopće mogla implementirati neka adaptivna platforma za e-učenje, potrebno je uočiti probleme postojećih edukacijskih sistema [4]. Nakon što se analiziraju postojeći problemi, moguće je predložiti novu platformu koji rješava barem neke od tih problema koristeći pristupe koje su predložili Cilogluligil i Inceoglu [5], Liu et al. [6] i Mulwa et al. [7].

Nadogradnja postojećih platformi, kao što je *Moodle*, predstavlja jedan od načina da se postojeća platforma, koja se koristi na mnogim univerzitetima širom svijeta, učini još boljom. Predstavnici ovakvog pristupa su Radenković et al. [8], Ciolacu i Beer [9] i Kolekar et al. [10].

Glavni izazov prilikom adaptacije platformi za e-učenje su pravila koja će se pratiti da bi adaptacija bila uspješna. Jedan od pristupa je praćenje tzv. *Bloomove taksonomije*. Taksonomija predstavlja naučni proces klasificiranja stvari i njihovog raspoređivanja u grupe. Ciljevi učenja su izvještaji o onome što se od učenika/studenta očekuje da zna, razumije i/ili može pokazati nakon završetka procesa učenja. Bloomova

taksonomija (razvijena 1956. godine od strane Benjamina S. Blooma i grupe obrazovanih psihologa) se odnosi na klasifikaciju različitih ciljeva učenja koje edukatori postavljaju učenicima [11]. Praćenjem Bloomove taksonomije, moguće je kreirati prilagodljivu platformu za učenje temeljenu na webu, kao što su predložili Khir et al. [12].

Moguće je pratiti i prethodne korisničke aktivnosti kako bi se dizajn adaptirao u budućnosti (Bayasut et al. [13] i Kolekar et al. [14]). Iako ova pravila nisu jasno definirana kao što je npr. Bloomova taksonomija, ipak podržavaju veću dinamičnost, jer se interfejs vremenom prilagođava korisničkim navikama i preferencijama.

Još jedan od problema e-učenja je način ocjenjivanja učenika/studenata. Standardni kriterij koji se koristi za evaluiranje testova/ispita/kvizova je broj tačnih odgovora. Međutim, ovaj kriterij može biti isuviše restriktivan u pojedinim situacijama. Putevi učenja svakog pojedinca se mogu adaptirati na osnovu postignutih rezultata, što su predložili Szentes et al. [15], i na taj način je moguće pomoći studentima da se posvete usvajanju gradiva koje im predstavlja problem prilikom učenja.

## 2) Pristupačni adaptivni web dizajn

Pristupačnost web aplikacija predstavlja jako bitan segment, pogotovo u situacijama kada je poznato da će aplikaciju koristiti osobe koje imaju određene poteškoće. Razni faktori mogu utjecati na korisnikovu sposobnost navigacije i upravljanja web stranicom, kao što su neurološki poremećaji (autizam, ADHD i sl.), poteškoće sa vidom, disleksija, ograničene motoričke sposobnosti, itd. Osim različitih fizičkih i mentalnih sposobnosti korisnika, u obzir je potrebno uzeti i njihovu kulturološku pozadinu. U zavisnosti od tipa korisnika za koji se želi raditi adaptacija dizajna, razlikuju se pristupi rješavanju problema pristupačnosti web stranica.

Pristupačni adaptivni web dizajn je jedna od kategorija adaptivnog dizajna kojoj se, u posljednjih nekoliko godina, posvećuje povećana pažnja. Da bi prilagođavanje web stranica uopće bilo moguće, potrebno je uočiti i analizirati postojeće pristupe i načine na koji se oni mogu unaprijediti. Analizom postojećih alata je moguće napraviti nove alate koji premošćuju prepreke svojih prethodnika, što su nedavno izvršili Dias et al. [16]. Analiza web stranica kako bi se verificirala njihova pristupačnost se obično radi ručnim pregledom i praćenjem određenih smjernica. Smjernice za upotrebljivost i pristupačnost imaju za cilj učiniti grafičke korisničke interfejse dostupnim svim korisnicima, tako što, naprimjer u pristupu Pancheckha et al. [17], zahtijevaju da je tekst dovoljno velik, da su interaktivne kontrole vidljive i da veličina naslova odgovara njegovoj važnosti.

Mnoge su studije posvećene istraživanju problema pristupačnosti weba za korisnike sa vizuelnim ili motoričkim poteškoćama. Međutim, manje studija se bavi pristupačnošću za korisnike sa specifičnim poteškoćama u učenju, kao što je Webhelpdyslexia, ekstenzija za web browser koju su razvili Avelar et al. [18] za osobe sa disleksijom. Ove osobe imaju najviše poteškoća sa tekstualnim sadržajem web stranica.

Zbog toga, analiziranje i prikupljanje podataka kroz upitnike i korištenje uređaja za praćenje oka omogućavaju kreiranje skupa smjernica za izgled kako bi web tekst bio čitljiviji ovim korisnicima. Primjer ovakvih smjernica dali su Rello et al. [19].

Slabovidni korisnici imaju poteškoće sa pregledom web stranice. Izgled i raspored web komponenti imaju značajan utjecaj na izgled web stranice tako da je bitno na neki način uraditi njihovu adaptaciju (npr. pristupi predloženi u Luy et al. [20] ili Lai [21]). Također, osobama sa oštećenjima vida tabele mogu predstavljati problem te je bitna i njihova prilagodba na način koji je predložio Lai [22].

Softversko rješenje treba imati za cilj obogatiti mogućnosti osobnog izražavanja osoba sa verbalnim i pisanim komunikacijskim poremećajima, što su obradili Pavlov et al. [23]. Problem socijalizacije osoba s invaliditetom i dalje je jedan od najkritičnijih. Jako je bitno smanjiti društvene i informacijske barijere za osobe s invaliditetom, čime su se bavili Kultsova et al. [24].

Posebnu grupu predstavljaju osobe sa motoričkim poteškoćama. Ovo dovodi do njihovog otežanog upravljanja akcijama koje koriste određeni pokazivač (bilo da je riječ o kursoru miša, pametnoj olovci, dodirima ekrana i slično). Ovi problemi mogu varirati po stepenu ozbiljnosti i učestalosti i mogu biti uzrokovani oštećenjem motorike, ograničenom spretnošću ruku ili umorom. Dosta istraživanja je posvećeno dizajniranju i implementaciji adaptacija, ali je malo učinjeno da bi se razumjelo kako bi ova populacija željela komunicirati s ovim softverom. Jedan od predloženih pristupa za ovakvu komunikaciju uveli su Martin-Hammond et al. [25]. Martin-Hammond et al. [26] iskoristili su funkcionalni prototip za prikupljanje informacija o preferencijama i očekivanjima korisnika.

Kako ljudi stare, obično su im potrebni češći pregledi i zdravstvene usluge, što u konačnici dovodi do većeg iscrpljivanja resursa zdravstvene infrastrukture. Novi napreci u računarskim naukama i inženjerstvu dopuštaju razvoj aplikacija u svrhu pružanja zdravstvenih usluga na isplativ i učinkovit način, kao npr. sistem koji su razvili Shakshuki et al. [27]. Prilagođavanje korisničkog interfejsa je potrebno uraditi na način da on odgovara zdravstvenim potrebama korisnika. Istraživanje uloge automatiziranih ili poluautomatiziranih adaptacija može pomoći u kreiranju novih alata za adaptaciju korisničkog interfejsa (pogotovo za starije osobe), s obzirom da ovakve adaptacije nude rješenje problema u povezivanju ljudi s manje teškim, ali višestrukim oštećenjima s najprikladnijim karakteristikama pristupačnosti u određenom trenutku. Jedno takvo rješenje razvili su Sloan et al. [28].

Pored svih navedenih specifičnosti korisnika, koje se tiču njihovih razlika u fizičkim i mentalnim mogućnostima i poteškoćama, bitno je analizirati i korisnikovu kulturološku pozadinu. Jasno je da nije moguće dizajnirati jedan interfejs koji se sviđa svim korisnicima svijeta [29]. Korisnici iz različitih država percipiraju interfejs na drugačiji način. Naprimjer, korisnici iz Njemačke više vole tekstualni sadržaj, dok korisnici iz Španije preferiraju slike, video i animacije. Industrijski stilovi se mogu razumjeti i dizajnirati kao izrazi vrijednosne

orijentacije zemlje [30]. Poseban izazov predstavljaju web stranice koje trebaju podržavati različite jezike. Ipak, izgradnja adaptivnog sistema ne zavisi od zahtjeva samog jezika, već je potrebno imati sistem koji se može koristiti sa bilo kojim jezikom, jer mehanizam za prilagođavanje radi interno na osnovu sadržaja ili koncepta [31].

### 3) Adaptacija web dizajna na osnovu konteksta

S obzirom na široku upotrebu web stranica u svakodnevnom životu, jasno je da one imaju veliki broj različitih svrha. Adaptacija web stranica se može raditi u zavisnosti od konteksta u kojem se web stranica koristi. Pod adaptacijom na osnovu konteksta, u ovom radu, se smatraju adaptacija u zavisnosti od tipa uređaja koji se koristi za prezentaciju web stranice, adaptacija na osnovu korisničkog ponašanja i adaptacija za specifične aplikacije kao što su aplikacije za virtuelnu stvarnost (eng. *Virtual Reality - VR*), proširenu stvarnost (eng. *Augmented Reality - AR*), 3D navigaciju i slično.

Napredak u ambijentalnoj inteligenciji može pomoći u dobivanju pravih informacija u pravo vrijeme, na odgovarajući način i putem najprikladnijeg uređaja za svaku situaciju. Stoga je ključno da takvi uređaji imaju kontekstualne informacije [32]. S obzirom da ne postoji nikakav jedinstveni sistem koji pruža pametni korisnički interfejs za sve potrebne podatke i olakšava interakciju krajnjim korisnicima, stvara se potreba za vizualizacijom web podataka na ekranima bilo koje vrste mobilnih uređaja, kao što su predložili Vu et al. [33]. Povećanje broja korisnika koji posjeduju mobilne uređaje na globalnom nivou te porast korištenja bežičnih usluga, doveli su do toga da pregled web stranica putem mobitela postane važno sredstvo pristupa internetu. Međutim, mobilni uređaji imaju mali zaslon, što ograničava upotrebljivost mobilnog pregledavanja. Ahmadi i Kong [34] razvili su novi pristup prilagođen malim zaslonima mobitela.

Budući da pametni prijenosni uređaji imaju različite mogućnosti (performanse, veličinu ekrana, rezoluciju ekrana, itd.), izazov je razviti adaptivne korisničke interfejse za više uređaja. Tan et al. [35] predložili su korištenje mašinskog učenja u te svrhe. Iako se prilikom adaptacije korisničkih interfejsa najviše govori o prilagođavanjima desktop, tablet i mobilnim uređajima, neophodno je u razmatranje uzeti i uređaje koji imaju specifične dimenzije ekrana. Trenutni korisnički interfejsi koji se temelje na velikim ekranima uglavnom su izvedeni iz desktop ekrana standardne veličine, a iznimno veliki ekrani uzrokuju poteškoće u navigaciji i percepciji informacija što čini da je angažman korisnika u ovim situacijama relativno nizak, o čemu su istraživali Li et al. [36].

Posebnu vrstu web aplikacija predstavljaju aplikacije iz područja grafike i animacije, kao što su 3D navigacija, VR i AR aplikacije. Jasno je da se pojedini elementi web stranice moraju prilagoditi ovim posebnim primjenama kako bi korisničko iskustvo bilo što bolje. Potrebno je izgraditi fleksibilnije pristupe za prikaz AR aplikacija, koje se ponašaju kao i svaka druga web stranica. Veliki dio informacija kojima se danas pristupa na internetu dolazi putem medija

web preglednika. Bilo bi dobro da se AR funkcionalnost može utkati u arhitekturu web preglednika, što bi korisnicima AR uređaja omogućilo dohvaćanje i pristup informacijama s weba, kao što su omogućili Srinivasa et al. [37]. Jedna od najvažnijih interakcija u aplikacijama virtuelne stvarnosti (VR) je sposobnost korisnika da se kreće i istražuje virtuelno okruženje. VR navigacija predstavlja veliku barijeru za mnoge korisnike. Adaptacija navigacijske tehnike kontekstu njene upotrebe može dovesti do značajnih poboljšanja upotrebljivosti i pristupačnosti navigacije [38].

Prije predlaganja novog rješenja, potrebno je analizirati postojeća rješenja i standarde. HTML5 i CSS3 standardi predlažu svojstva koja se mogu koristiti za kreiranje fleksibilnijih izgleda web stranica, ali njihov potencijal za prilagođavanje širem rasponu okruženja za prikaz web stranica je potrebno detaljnije istražiti [39]. Proučavanje web podataka za prikupljanje relevantnih informacija neophodno je za pružanje učinkovitih web usluga. Međutim, web dizajneri se suočavaju sa poteškoćama u organiziranju svojih stranica kako bi zadovoljili zahtjeve korisnika [40]. Praćenje interakcija korisnika predstavlja jedan od pristupa koji se mogu koristiti za adaptaciju korisničkih interfejsa. Ipak, postoje određena ograničenja koja se trebaju uzeti u razmatranje. U idealnom slučaju, adaptivni korisnički interfejsi bi trebali biti personalizirani i raznovrsni, tj. sposobni prilagoditi se svakom korisniku koji može obavljati niz složenih zadataka. Međutim, ovo je teško postići s mnogo elemenata interakcije kada su podaci o interakcijama korisnika rijetki [41]. Iako je dosta istraživanja posvećeno prilagođavanju sadržaja na osnovu uzoraka ponašanja korisnika, većina postojećih pristupa obično predstavljaju idejni dizajn koji se mora ručno prilagoditi kako bi se dobio interfejs primjenjiv u stvarnim situacijama. Ovakve pristupe predložili su Rathnayake et al. [42] i Diego-Mas et al. [43].

Adaptivno ponašanje korisničkih interfejsa uglavnom definiraju dizajneri i programeri u fazi dizajna. Međutim, ono što bi dizajneri mogli skicirati kao korisnu adaptaciju, korisnici bi mogli shvatiti kao uznemirujuće ponašanje sistema ili adaptaciju koja se ne podudara s očekivanjima korisnika. Zbog ovoga je bitno povećati povjerenje korisnika u automatsko generiranje kontekstno osjetljivih interfejsa, kao što je predložio Schwartze [44].

Dodatni problemi prilikom adaptacije korisničkog interfejsa se mogu javiti zbog pomjeranja elemenata što može rezultirati da se pojedine statične stavke web stranice ne ponašaju adekvatno. Promjene usljed adaptacije mogu uzrokovati odstupanja između korisničkog interfejsa i statičkih materijala za pomoć, npr. videozapisa i slika zaslona, čime negativno utječu na njihovu upotrebljivost i korisnost. Akiki [45] je u svrhu prevazilaženja ovog problema razvio alat Chain.

Korisničke interfejse je potrebno prilagoditi i u situacijama koje zahtijevaju veliku korisnikovu pozornost na ključne dijelove web stranice. Učinkovitost vizuelnih interfejsa u smislu brzine i tačnosti odluka korisnika u područjima sistema sa visokim sigurnosnim zahtjevima iznimno je važna, jer zakašnjela ili pogrešna reakcija na prikazane informacije može uzrokovati, u najboljem slučaju, finansijske gubitke (bez spominjanja

štete po zdravlje ljudi i/ili okoliša). Prijedlog pristupa koji bi prilagodio korisnički interfejs ovom tipu sistema u svrhu smanjenja broja grešaka dali su Yelizarov i Gamayunov [46].

*Personalized Web-Tasking (PWT)* predlaže automatizaciju web interakcija usmjerenih na korisnika i ponavljajućih web interakcija kako bi se korisnicima pomoglo u ispunjavanju ličnih ciljeva korištenjem interneta. Potrebna je samoadaptacija poboljšana dinamičkim praćenjem konteksta kako bi se garantovala učinkovitost PWT sistema koji, unatoč nesigurnosti konteksta, moraju garantovati postizanje ličnih ciljeva i pružiti ugodna korisnička iskustva [47]. Adaptivne paradigme pobuđuju novi interes, posebno s eksplozivnim porastom velikih količina podataka (eng. *big data*), što dovodi do novog istraživačkog područja weba, kao u pristupu Cuzzocrea i Fadda [48].

#### 4) Ostalo

Na osnovu prethodno opisanih kategorija, jasno je da svaka od njih posjeduje određeni broj podkategorija u koje se radovi mogu svrstati u odnosu na problem koji rješavaju. Iako je ukupni broj kategorija i podkategorija veliki, pojedini radovi rješavaju specifične probleme koji se ne mogu svesti niti na jednu od njih. Izgradnja adaptivnih korisničkih interfejsa je jako zahtjevana, jer zahtijeva adekvatne šablone koji će se pratiti od samog početka kreiranja ovakvog sistema. Postoji važna metodološka praznina, jer nedostaju procesi za sistematičnu evoluciju postojećih neadaptivnih aplikacija u adaptivne kojima se treba pozabaviti. Savidis i Stephanidis [49] ponudili su jedno moguće rješenje, međutim ukupni broj ovakvih pristupa je veoma mali. Potrebno je popuniti i praznine između tri ključne komponente korisničkih interfejsa: dinamičkog interfejsa, adaptivnog interfejsa i inteligentnog interfejsa. Istraživanje koje su na ovom području izvršili Johnston et al. [50] identificiralo je prazninu na sjecištu interakcija sa ova tri interfejsa. Praznine se ne javljaju samo u ovim područjima. Vrste modernih web aplikacija su: *Rich Internet Application (RIA)*, *Semantic Web Application (SWA)*, *Ubiquitous Web Applications (UWA)* i *Intelligent Web Applications (IWA)*, pri čemu svaka od njih ima nova svojstva. Problem je u tome što trenutne metode web inženjeringa ne mogu podržati nova svojstva modernih web aplikacija [51]. Vrlo mali broj sistema pruža fleksibilne interfejse zbog prevelikih troškova razvoja i održavanja (ovim aspektom bavili su se Cerny et al. [52]), te je i to jedan od problema kojima se treba posvetiti pažnja. Bitno je pružiti temeljnu softversku arhitekturu koja će omogućiti općenito prilagodljivo ponašanje izgleda aplikacija. Jedna od takvih arhitektura je Aero, a razvili su je Vernica i Venkata [53].

*B. Koji pristup ili pristupi su korišteni prilikom rješavanja problema? (IP2)*

Prilikom kreiranja adaptivnih interfejsa i prilikom rješavanja problema sa kojima su se istraživači susreli, korištene su različite metode i tehnike. S obzirom da su prilikom analize literature u ovom radu uzeta istraživanja od 2010. do 2023.

godine (raspon od 13 godina), jasno je da su napreci i promjene u računarstvu dovele do promjene u pristupima koji se koriste prilikom kreiranja adaptivnih interfejsa. Između velikog broja različitih pristupa rješavanju problema, postoje neki koji su dominantni. Konkretno, primjena tehnika i metoda mašinskog i dubokog učenja predstavlja najčešće korišteni pristup. Klastering se može koristiti za grupiranje korisnika sa sličnim interesima/preferencama (npr. Das i Sajeev [40], Rathnayake et al. [42]) ili se može koristiti za identifikaciju stilova učenja za adaptaciju platformi za e-učenje (npr. Kolekar et al. [10]). Osim ovog pristupa, često se koristi i klasifikacija koja omogućava predviđanje novih korisničkih akcija (npr. Rathnayake et al. [42]), kao i podjelu web stranica i njihovo rangiranje (npr. Vu et al. [33]). Još jedna od korištenih tehnika je potpomognuto učenje (eng. *reinforcement learning*). Teorija potpomognutog učenja opisana u [54] daje normativni prikaz, duboko ukorijenjen u psihološkim i neuronaučnim perspektivama ponašanja životinja, o tome kako agenti mogu optimizirati svoju kontrolu nad okolinom. Najčešće korištene tehnike dubokog učenja su vještačke neuronske mreže, rekurentne neuronske mreže i slično.

Od ostalih pristupa, na drugom mjestu po učestalosti je implementacija alata korištenjem različitih tehnologija i programskih jezika kao što su: HTML, CSS, JavaScript, PHP, MySQL i slično. Neki od ovih alata vrše direktnu manipulaciju nad elementima web stranice, dok drugi koriste različite tehnike određivanja sličnosti ćelija tabela (npr. Lai [22]), ocjene na osnovu nekoliko kategorija (npr. Vernica i Venkata [53]) i drugih metoda kako bi se stranica učinila adaptivnom.

Zanimljivi su i pristupi koji koriste ontologiju. Iako je ontologija pojam koji potiče iz filozofije, u različitim kontekstima ima različito značenje. Najradikalnija razlika je možda između filozofskog smisla, koji naravno ima dobro uspostavljenu tradiciju, i računarskog smisla, koji se pojavio posljednjih godina u zajednici inženjera znanja, počevši od rane neformalne definicije (računarskih) ontologija kao "eksplicitne specifikacije konceptualizacija" [55]. Za računar, ontologija služi kao baza znanja o svakom korisniku, pri čemu je svaki aspekt korisničkog modela povezan sa skupom pravila, koja pokreću adaptaciju korisničkog interfejsa [29]. U kontekstu adaptivnih interfejsa, ontologija se može koristiti za povezivanje specifičnosti korisnika sa elementima interfejsa i slično.

Pored navedenih pristupa, postoji široka lepeza pristupa koji se koriste za rješavanje pojedinačnih problema sa kojima se naučnici susreću prilikom proučavanja adaptivnog web dizajna. U Tabeli II su prikazane skupine pristupa koje se najčešće koriste za rješavanje problema adaptivnog web dizajna, kao i informacije o tome koje od njih su korištene u pojedinim istraživanjima koja su izabrana kao relevantna za ovaj pregledni rad. Iz tabele se može vidjeti da se ponekad rješenje problema svodi na primjenu određenih adaptacijskih pravila, koja su nastala kao rezultat prethodnih istraživanja. U drugim slučajevima, od pomoći mogu biti heuristički algoritmi (npr. genetički algoritam), koji pomažu u prilagođavanju interfejsa pojedinačnim korisnicima. Osim ovih, postoje i pristupi koji koriste *widgets*, semantički web, *fuzzy* logiku, proračunavanje

Tabela II  
PREGLED NAUČNIH RADOVA PODIJELJENIH U KATEGORIJE NA OSNOVU KORIŠTENOG PRISTUPA

Pristup	Broj konferencijskih, žurnalskih radova i njihov zbir			Radovi
	Konferencija	Žurnal	Ukupno	
Mašinsko/duboko učenje	7	2	9	[40], [13], [42], [33], [14], [35], [10], [27], [41]
Alat	7	2	9	[37], [8], [9], [38], [16], [46], [22], [53], [17]
Ontologija	3	1	4	[5], [24], [29], [47]
Hibridni pristup	3	1	4	[32], [31], [51], [7]
Uređaji za praćenje pokreta miša, očiju i sl.	4	0	4	[50], [25], [26], [19]
Bez konkretne implementacije	3	1	4	[4], [23], [30], [28]
Adaptacijska pravila	2	1	3	[44], [18], [39]
Heuristika	0	2	2	[34], [43]
Korisnički modeli/preference	2	0	2	[6], [48]
Refaktoring/inspekcija koda	1	1	2	[49], [52]
Fuzzy logika	1	0	1	[15]
Semantički web	1	0	1	[21]
Proračunavanje distance	0	1	1	[36]
Specijalizirani jezik	0	1	1	[45]
Widgets	1	0	1	[20]
Bloomova taksonomija	1	0	1	[12]

distance, Bloomovu taksonomiju, kreiranje korisničkih modela na osnovu njihovih preferenci i slično. Pojedine tehnike primjenjuju i inspekciju i refaktoring koda te direktno utječu na implementaciju web aplikacije i čine je prilagodljivom. Naravno, moguće je koristiti i više tehnika/metoda kako bi se uradila adaptacija, tj. moguće je koristiti hibridni pristup koji omogućava da se prevaziđu nedostaci pojedinih pristupa a u prvi plan stave prednosti svakog od njih.

Kada je riječ o korisnicima koji imaju određene poteškoće sa motoričkim sposobnostima, dobro rješenje je pratiti pokrete kursora miša ili akcije dodira ekrana (zavisno o vrsti uređaja koja se razmatra) i na taj način učiniti web aplikaciju pristupačnijom. Pristupačnost web aplikacija se može poboljšati i korištenjem senzora koji prate pokrete oka, što omogućava adaptaciju korisničkog interfejsa na osnovu tačaka fokusa pojedinačnih korisnika. Pojedini autori su predložili i poseban jezik koji bi se koristio za izgradnju adaptivnijih korisničkih interfejsa. Uzevši u obzir kompleksnost web aplikacija i probleme koji nastaju prilikom pokušaja omogućavanja adaptivnosti istih, određeni broj istraživanja ne uključuje konkretnu implementaciju adaptacije korisničkih interfejsa, već analizira postojeća rješenja, njihove prednosti i nedostatke te predlaže poboljšanja koja bi mogla unaprijediti istraživanje u ovom polju.

### C. Na koji način je izvršena evaluacija? (IP3)

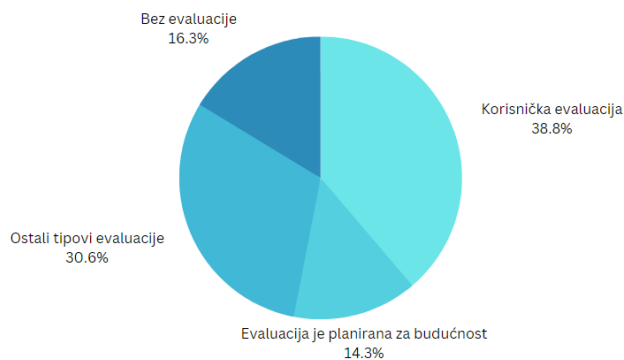
Glavni cilj adaptacije korisničkih interfejsa je unapređenje korisničkog iskustva (bilo da je riječ o poboljšanju pristupačnosti, smanjenju vremena koje je potrebno korisnicima da obavie određene akcije ili vizuelnim promjenama interfejsa). Evaluacija je od iznimne važnosti prilikom izgradnje bilo kakvog sistema. Preostalo istraživačko pitanje (IP3) se odnosi na pristup koji je korišten prilikom obavljanja evaluacije.

Za adaptivne korisničke interfejse, evaluaciju bi idealno bilo uraditi nad stvarnim korisnicima. Međutim, u obzir treba uzeti prepreke koje ovaj pristup ponekad čine nemogućim. U sklopu IPI su analizirane kategorije istraživanja na osnovu toga koji problem se rješava. Očito je da značajan dio radova pripada ka-

tegoriji pristupačnog adaptivnog web dizajna. Ova kategorija je specifična kada je riječ o evaluaciji, jer veliki izazov predstavlja obavljanje korisničke evaluacije sa korisnicima koji imaju fizičke ili mentalne poteškoće. Ovakve korisničke evaluacije obično iziskuju prisustvo stručne osobe, koja će nadgledati cijeli proces. Ne treba biti čudno da istraživači, u ovakvim situacijama, odustaju od provođenja korisničke evaluacije, jer ona često može zahtijevati veliku količinu resursa (ljudskih, vremenskih a i novčanih), koji nisu raspoloživi. Ipak, da bi se evaluirao pristup, istraživači ponekad unajmljuju stručnjake iz date oblasti kako bi iskoristili svoje ekspertno znanje i procijenili tehniku, metodu, alat ili sistem koji je razvijen.

U situacijama kada se proučavaju interakcije korisnika sa sistemom i kada se koristi određeni skup podataka, onda je najbolje koristiti testni skup podataka kako bi se obavila evaluacija. Pristupi, koji rade direktne promjene nad izgledom korisničkog interfejsa, mogu koristiti postojeće web stranice ili pokazne primjere web stranica kako bi uradili evaluaciju pristupa putem nekih, unaprijed definiranih, kriterija. S obzirom na cijenu koju može imati evaluacija, nekad se ona ostavlja kao naredni korak u sklopu istraživanja a inicijalno se samo pravi plan te buduće evaluacije. S druge strane, neka istraživanja uopće ne rade korisničku evaluaciju (ovo je čest slučaj u istraživanjima koja samo identificiraju probleme postojećih sistema za adaptaciju web dizajna i nude prijedlog novog sistema na visokom nivou).

Slika 3 predstavlja omjer između radova u kojima je rađena korisnička evaluacija, radova u kojima se planira evaluacija za budućnost, radova u kojima je rađen neki drugi tip evaluacije (kao što je evaluacija poređenjem sa postojećim rješenjima, evaluacija nad skupovima podataka, evaluacija nad konkretnim web stranicama, itd.) i radova u kojima nije spomenuta evaluacija. Prikazani omjer najbolje oslikava značaj korisničke evaluacije, jer skoro 40% radova ima izvršen neki tip korisničke evaluacije (najčešće je riječ o upitnicima, ali postoje istraživanja koja prate pokrete miša, pokrete očiju korisnika i slično).



Slika 3. Omjer naučnih radova na osnovu rada na različitim tipovima evaluacije

#### IV. ZAKLJUČAK

U ovom radu je prikazan sistematični pregled literature praćenjem *Light SLR* pristupa kako bi se analizirala istraživanja na polju adaptivnog web dizajna. Pronalasci ovog rada se mogu rezimirati na sljedeći način. Prvo istraživačko pitanje (IP1) je opisalo koji su sve problemi sa kojima se istraživači susreću u ovom polju. Podjelom problema u četiri kategorije, moguće je identificirati sličnosti između pojedinih istraživanja. Drugo istraživačko pitanje (IP2) je bilo posvećeno tehnikama/metodama koje se koriste za rješavanje problema adaptivnog web dizajna. Široka lepeza pristupa koji se koriste ukazuje da ne postoji jedinstveni pristup niti skup pristupa koji mogu biti primjenjivi u različitim kontekstima adaptacije. Istraživačko pitanje 3 (IP3) podcrtava značaj korisničke evaluacije prilikom prilagođavanja korisničkih interfejsa. Ostali tipovi evaluacije su mogući, ali, uzevši u obzir činjenicu da se adaptacija obavlja radi poboljšanja korisničkog iskustva prilikom pregleda i navigacije web stranicom, jasno je zašto korisnička evaluacija predstavlja dominantan pristup.

Istraživanje i zaključci predstavljeni u ovom radu mogu biti temelj za buduća istraživanja iz oblasti adaptivnog web dizajna. U budućnosti je planiran rad na području adaptivnog pristupačnog web dizajna, koje bi omogućilo većem broju korisnika da nesmetano pristupaju web stranicama i olakšalo im rješavanje zadataka iz svakodnevnog života.

#### LITERATURA

[1] Z. Stapic, E. García, A. García-Cabot, C. De, M. Ortega, and V. Strahonja, "Performing systematic literature review in software engineering," in *Central European Conference on Information and Intelligent Systems*, (Faculty of Organization and Informatics Varazdin), p. 441, 2012.

[2] B. A. Kitchenham and S. Charters, "Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering," Tech. Rep. EBSE 2007-001, Keele University and Durham University Joint Report, 07 2007.

[3] A. N. Islam, "Investigating e-learning system usage outcomes in the university context," *Computers & Education*, vol. 69, pp. 387–399, 2013.

[4] H. T. Kahraman, S. Sagiroglu, and I. Colak, "Development of adaptive and intelligent web-based educational systems," in *2010 4th International Conference on Application of Information and Communication Technologies*, pp. 1–5, 2010.

[5] B. Ciloglugil and M. M. Inceoglu, "Developing adaptive and personalized distributed learning systems with semantic web supported multi agent technology," in *2010 10th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, pp. 699–700, 2010.

[6] C. Liu, Z. Gu, and X. Sun, "A conceptual model for adaptive learning system based on semantic web technology," in *2011 Seventh International Conference on Semantics, Knowledge and Grids*, pp. 219–220, 2011.

[7] C. Mulwa, S. Lawless, M. Sharp, and V. Wade, "A web-based framework for user-centred evaluation of end-user experience in adaptive and personalized e-learning systems," in *Proceedings of the 2011 IEEE/WIC/ACM International Conferences on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology - Volume 03, WI-IAT '11*, (USA), p. 351–356, IEEE Computer Society, 2011.

[8] B. L. Radenković, M. S. Despotović-Zrakić, D. M. Barać, Z. M. Bogdanović, and A. R. Milić, "Web portal for adaptive e-learning," in *2011 10th International Conference on Telecommunication in Modern Satellite Cable and Broadcasting Services (TELSIKS)*, vol. 1, pp. 365–368, 2011.

[9] M. Ciolacu and R. Beer, "Adaptive user interface for higher education based on web technology," in *2016 IEEE 22nd International Symposium for Design and Technology in Electronic Packaging (SIITME)*, pp. 300–303, 2016.

[10] S. V. Kolekar, R. M. Pai, and M. Pai M.M., "Adaptive user interface for moodle based e-learning system using learning styles," *Procedia Computer Science*, vol. 135, pp. 606–615, 2018. The 3rd International Conference on Computer Science and Computational Intelligence (IC-SCI 2018) : Empowering Smart Technology in Digital Era for a Better Life.

[11] A. Gogus, *Bloom's Taxonomy of Learning Objectives*, pp. 469–473. Boston, MA: Springer US, 2012.

[12] N. H. B. M. Khir, M. Ismail, and N. A. B. Shamsudin, "Adaptive web-based learning framework," in *2012 International Conference on Statistics in Science, Business and Engineering (ICSSBE)*, pp. 1–6, 2012.

[13] B. L. Bayasut, G. Pramudya, and H. B. Basiron, "Ulul-ilm: The design of web-based adaptive educational hypermedia system based on learning style," in *2013 13th International Conference on Intelligent Systems Design and Applications*, pp. 147–152, 2013.

[14] S. V. Kolekar, S. G. Sanjeevi, and D. S. Bormane, "Learning style recognition using artificial neural network for adaptive user interface in e-learning," in *2010 IEEE International Conference on Computational Intelligence and Computing Research*, pp. 1–5, 2010.

[15] D. Szentés, B.-A. Bargel, A. Streicher, and W. Roller, "Enhanced test evaluation for web based adaptive learning paths," in *2011 7th International Conference on Next Generation Web Services Practices*, pp. 352–356, 2011.

[16] J. Dias, D. Carvalho, T. Rocha, and J. Barroso, "Automated evaluation tools for web and mobile accessibility: proposal of a new adaptive interface tool," *Procedia Computer Science*, vol. 204, pp. 297–304, 2022. International Conference on Industry Sciences and Computer Science Innovation.

[17] P. Panckekha, A. T. Geller, M. D. Ernst, Z. Tatlock, and S. Kamil, "Verifying that web pages have accessible layout," in *Proceedings of the 39th ACM SIGPLAN Conference on Programming Language Design and Implementation, PLDI 2018*, (New York, NY, USA), p. 1–14, Association for Computing Machinery, 2018.

[18] L. O. de Avelar, G. C. Rezende, and A. P. Freire, "Webhelpdyslexia: A browser extension to adapt web content for people with dyslexia," *Procedia Computer Science*, vol. 67, pp. 150–159, 2015. Proceedings of the 6th International Conference on Software Development and Technologies for Enhancing Accessibility and Fighting Info-exclusion.

[19] L. Rello, G. Kanvinde, and R. Baeza-Yates, "Layout guidelines for web text and a web service to improve accessibility for dyslexics," in *Proceedings of the International Cross-Disciplinary Conference on Web Accessibility, W4A '12*, (New York, NY, USA), Association for Computing Machinery, 2012.

[20] C. Luy, J. Law, L. Ho, R. Matheson, T. Cai, A. Madugalla, and J. Grundy, "A toolkit for building more adaptable user interfaces for vision-impaired users," in *2021 IEEE Symposium on Visual Languages and Human-Centric Computing (VL/HCC)*, pp. 1–5, 2021.

[21] P. P. Y. Lai, "Application of content adaptation in web accessibility for the blind," in *Proceedings of the International Cross-Disciplinary Conference on Web Accessibility, W4A '11*, (New York, NY, USA), Association for Computing Machinery, 2011.



- [22] P. P. Y. Lai, "Adapting data table to improve web accessibility," in *Proceedings of the 10th International Cross-Disciplinary Conference on Web Accessibility*, W4A '13, (New York, NY, USA), Association for Computing Machinery, 2013.
- [23] N. Pavlov, M. Castro, Y. Chukanska, C. M. Pérez, N. Mileva, and M. J. Albert, "Mobile graphical user interface with people with verbal communication disorders," in *2018 IEEE 5th International Congress on Information Science and Technology (CiSt)*, pp. 391–395, 2018.
- [24] M. Kultsova, A. Potseluiso, A. Anikin, and R. Romanenko, "An ontological user model for automated generation of adaptive interface for users with special needs," in *2016 7th International Conference on Information, Intelligence, Systems & Applications (IISA)*, pp. 1–6, 2016.
- [25] A. Martin-Hammond, A. Ali, C. Hornback, and A. K. Hurst, "Understanding design considerations for adaptive user interfaces for accessible pointing with older and younger adults," in *Proceedings of the 12th International Web for All Conference*, W4A '15, (New York, NY, USA), Association for Computing Machinery, 2015.
- [26] A. Martin-Hammond, F. Hamidi, T. Bhalerao, C. Ortega, A. Ali, C. Hornback, C. Means, and A. Hurst, "Designing an adaptive web navigation interface for users with variable pointing performance," in *Proceedings of the 15th International Web for All Conference*, W4A '18, (New York, NY, USA), Association for Computing Machinery, 2018.
- [27] E. M. Shakshuki, M. Reid, and T. R. Sheltami, "An adaptive user interface in healthcare," *Procedia Computer Science*, vol. 56, pp. 49–58, 2015. The 10th International Conference on Future Networks and Communications (FNC 2015) / The 12th International Conference on Mobile Systems and Pervasive Computing (MobiSPC 2015) Affiliated Workshops.
- [28] D. Sloan, M. T. Atkinson, C. Machin, and Y. Li, "The potential of adaptive interfaces as an accessibility aid for older web users," in *Proceedings of the 2010 International Cross Disciplinary Conference on Web Accessibility (W4A)*, W4A '10, (New York, NY, USA), Association for Computing Machinery, 2010.
- [29] K. Reinecke and A. Bernstein, "Improving performance, perceived usability, and aesthetics with culturally adaptive user interfaces," *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.*, vol. 18, jul 2011.
- [30] D. Snelders, K. P. Morel, and P. Havermans, "The cultural adaptation of web design to local industry styles: A comparative study," *Design Studies*, vol. 32, no. 5, pp. 457–481, 2011.
- [31] H. S. Al-Khalifa, "Introducing islamic history with an arabic adaptive web-based information system," in *Proceedings of the 1st International Conference on Intelligent Semantic Web-Services and Applications*, ISWSA '10, (New York, NY, USA), Association for Computing Machinery, 2010.
- [32] R. Hervás and J. Bravo, "Towards the ubiquitous visualization: Adaptive user-interfaces based on the semantic web," *Interacting with Computers*, vol. 23, no. 1, pp. 40–56, 2011.
- [33] Q.-D. Vu, D.-V. Vu, H.-T. Nguyen, P.-D. Bui, V.-H. Nguyen, and N. Nakajima, "Adaptive web page layout for mobile devices," in *2014 International Conference on Computing, Management and Telecommunications (ComManTel)*, pp. 263–268, 2014.
- [34] H. Ahmadi and J. Kong, "User-centric adaptation of web information for small screens," *Journal of Visual Languages & Computing*, vol. 23, no. 1, pp. 13–28, 2012.
- [35] H.-Z. Tan, W. Zhao, and H.-H. Shen, "Adaptive user interface optimization for multi-screen based on machine learning," in *2018 IEEE 22nd International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design ((CSCWD))*, pp. 743–748, 2018.
- [36] A. X. Li, X. Lou, P. Hansen, and R. Peng, "Improving the user engagement in large display using distance-driven adaptive interface," *Interacting with Computers*, vol. 28, no. 4, pp. 462–478, 2016.
- [37] R. R. Srinivasa, U. P. Veluchamy, and J. Bose, "Augmented reality adaptive web content," in *2016 13th IEEE Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC)*, pp. 107–110, 2016.
- [38] A. Kamal and C. Andujar, "Designing, testing and adapting navigation techniques for the immersive web," *Computers & Graphics*, vol. 106, pp. 66–76, 2022.
- [39] M. Nebeling, F. Matulic, L. Streit, and M. C. Norrie, "Adaptive layout template for effective web content presentation in large-screen contexts," in *Proceedings of the 11th ACM Symposium on Document Engineering*, DocEng '11, (New York, NY, USA), p. 219–228, Association for Computing Machinery, 2011.
- [40] P. Das and G. P. Sajeev, "Time- driven adaptive web personalization system for dynamic users," in *2017 IEEE International Conference on Computational Intelligence and Computing Research (ICCIC)*, pp. 1–6, 2017.
- [41] H. Soh, S. Sanner, M. White, and G. Jamieson, "Deep sequential recommendation for personalized adaptive user interfaces," in *Proceedings of the 22nd International Conference on Intelligent User Interfaces*, IUI '17, (New York, NY, USA), p. 589–593, Association for Computing Machinery, 2017.
- [42] N. Rathnayake, D. Meedeniya, I. Perera, and A. Welivita, "A framework for adaptive user interface generation based on user behavioural patterns," in *2019 Moratuwa Engineering Research Conference (MERCon)*, pp. 698–703, 2019.
- [43] J. A. Diego-Mas, D. Garzon-Leal, R. Poveda-Bautista, and J. Alcaide-Marzal, "User-interfaces layout optimization using eye-tracking, mouse movements and genetic algorithms," *Applied Ergonomics*, vol. 78, pp. 197–209, 2019.
- [44] V. Schwartz, "An interactive user interface adaptation process," in *2012 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops*, pp. 546–547, 2012.
- [45] P. A. Akiki, "Chain: Developing model-driven contextual help for adaptive user interfaces," *Journal of Systems and Software*, vol. 135, pp. 165–190, 2018.
- [46] A. Yelizarov and D. Gamayunov, "Adaptive visualization interface that manages user's cognitive load based on interaction characteristics," in *Proceedings of the 7th International Symposium on Visual Information Communication and Interaction*, VINCI '14, (New York, NY, USA), p. 1–8, Association for Computing Machinery, 2014.
- [47] L. Castañeda, N. M. Villegas, and H. A. Müller, "Self-adaptive applications: On the development of personalized web-tasking systems," in *Proceedings of the 9th International Symposium on Software Engineering for Adaptive and Self-Managing Systems*, SEAMS 2014, (New York, NY, USA), p. 49–54, Association for Computing Machinery, 2014.
- [48] A. Cuzzocrea and E. Fadda, "Data-intensive object-oriented adaptive web systems: Implementing and experimenting the oo-xahm framework," in *Proceedings of the 12th International Conference on Management of Digital EcoSystems*, MEDES '20, (New York, NY, USA), p. 115–123, Association for Computing Machinery, 2020.
- [49] A. Savidis and C. Stephanidis, "Software refactoring process to accommodate user-interface adaptivity in existing applications," *Interacting with Computers*, vol. 25, no. 6, pp. 461–484, 2013.
- [50] V. Johnston, M. Black, J. Wallace, M. Mulvenna, and R. Bond, "A framework for the development of a dynamic adaptive intelligent user interface to enhance the user experience," in *Proceedings of the 31st European Conference on Cognitive Ergonomics*, ECCE '19, (New York, NY, USA), p. 32–35, Association for Computing Machinery, 2019.
- [51] K. Wakil and D. N. A. Jawawi, "A new adaptive model for web engineering methods to develop modern web applications," in *Proceedings of the 2018 International Conference on Software Engineering and Information Management*, ICSIM '18, (New York, NY, USA), p. 32–39, Association for Computing Machinery, 2018.
- [52] T. Cerny, M. J. Donahoo, and E. Song, "Towards effective adaptive user interfaces design," in *Proceedings of the 2013 Research in Adaptive and Convergent Systems*, RACS '13, (New York, NY, USA), p. 373–380, Association for Computing Machinery, 2013.
- [53] R. Vernica and N. D. Venkata, "Aero: An extensible framework for adaptive web layout synthesis," in *Proceedings of the 2015 ACM Symposium on Document Engineering*, DocEng '15, (New York, NY, USA), p. 187–190, Association for Computing Machinery, 2015.
- [54] V. Mnih, K. Kavukcuoglu, D. Silver, A. A. Rusu, J. Veness, M. G. Bellemare, A. Graves, M. A. Riedmiller, A. K. Fidjeland, G. Ostrovski, S. Petersen, C. Beattie, A. Sadik, I. Antonoglou, H. King, D. Kumaran, D. Wierstra, S. Legg, and D. Hassabis, "Human-level control through deep reinforcement learning," *Nature*, vol. 518, pp. 529–533, 2015.
- [55] N. Guarino, D. Oberle, and S. Staab, *What Is an Ontology?*, pp. 1–17. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2009.