**Adaptive Multimodal Inclusive Design.**

**Integrating Permanent and Situational Disabilities in Online Education**

Ungurean Cătălina

**ACM:** [Human computer interaction (HCI)](javascript:void(0)) - [Interaction paradigms](javascript:void(0)) - [Web-based interaction](javascript:void(0)) / [Accessibility](javascript:void(0)) - [Accessibility design and evaluation methods](javascript:void(0))

**AMS:** Computing methodologies for information systems (hypertext navigation, interfaces, decision support, etc.)

**CUPRINS**

1. Introducere și prezentarea temei
2. Analiza literaturii de specialitate
3. Metodologia cercetării și planul aplicativ
4. Contribuția originală și întrebările de cercetare
5. Concluzii
6. Bibliografie
7. **Introducerea și prezentarea temei**

Expansiunea rapidă a educației online evidențiază nevoia urgentă de a crea medii de învățare accesibile și incluzive. Abordările tradiționale din domeniul Interacțiunii Om-Calculator (HCI) și al Accesibilității s-au concentrat în principal asupra dizabilităților permanente, cum ar fi deficiențele vizuale, auditive sau motorii. Deși interfețele multimodale actuale, care integrează vocea, gesturile și textul, oferă soluții parțiale pentru diversificarea modurilor de interacțiune, ele nu reușesc adesea să țină cont de dizabilitățile situaționale sau dependente de context, precum indisponibilitatea temporară a mâinilor, mediile zgomotoase sau oboseala vizuală.

Cercetarea de față propune integrarea atât a dizabilităților permanente, cât și a celor situaționale, redefinind conceptul de dizabilitate ca unul dinamic și dependent de context. În acest sens, proiectul urmărește combinarea mai multor modalități de interacțiune, voce, gesturi și text într-un sistem capabil de adaptare în timp real la constrângerile de mediu, cognitive și fizice ale utilizatorului.

Lucrarea are ca scop elaborarea unui cadru conceptual pentru Designul Adaptiv Multimodal și Incluziv (Adaptive Multimodal Inclusive Design) și formularea unor principii directoare pentru implementarea și evaluarea acestuia în mediul educațional online. Prin această abordare, se propune o nouă perspectivă asupra accesibilității digitale, bazată pe flexibilitate, adaptivitate și conștientizare contextuală, care să sprijine în mod egal utilizatorii cu dizabilități permanente, temporare sau situaționale.

1. **Analiza literaturii de specialitate**

Articolul „Self-adaptation of multimodal systems” [1] este unul de bază pentru tema proiectului, întrucât abordează simultan conceptele de adaptivitate și multimodalitate: două dimensiuni esențiale ale designului accesibil și incluziv. Lucrarea propune framework-ul adaptiv GUIDE, dezvoltat în cadrul unui proiect european, care urmărește să îmbunătățească accesibilitatea interfețelor digitale, mai ales pentru persoanele vârstnice sau cu dizabilități. Autorul definește adaptarea ca pe o metodă de creștere a uzului unei aplicații prin eficiență, eficacitate și ușurință în utilizare, prezentând o arhitectură modulară bazată pe componente precum recunoașterea de input, sinteza de output, module de fuziune și separare, un gestionator al dialogului și un manager al contextului. În cadrul experimentelor, sunt analizate interacțiunile multimodale ale utilizatorilor vârstnici, fiind testate prototipuri care utilizează interfețe vocale și tactile integrate. Concluziile subliniază că sistemele capabile de self-adaptation pot îmbunătăți semnificativ accesibilitatea digitală și experiența utilizatorului, oferind o bază tehnologică solidă pentru designul educațional multimodal și incluziv. “A multimodal system is one that offers multiple modalities for interaction (voice, gestures, etc.), allowing for the use of just one or more modalities simultaneously. These systems not only offer the user more natural communication but also allow alternative ways of interacting and presenting information to people who, due to their characteristics, would otherwise be unable to do so.” [1]

Articolul „Situationally Aware Mobile Devices for Overcoming Situational Impairments” [2] completează perspectiva de mai sus prin introducerea conceptului de dizabilități situaționale (SIIDs), care descriu limitările temporare ale utilizatorilor în contexte dinamice cum ar fi mersul, atenția divizată, zgomotul ambiental sau condițiile de iluminare. Autorul argumentează că dispozitivele mobile, spre deosebire de sistemele desktop, operează în contexte de interacțiune mult mai complexe, unde performanța cognitivă și perceptuală este influențată de factori externi. Sunt analizate șapte proiecte majore care aplică modelul sense - model - adapt, un tipar de design prin care dispozitivul detectează contextul utilizatorului, îl modelează și își adaptează comportamentul pentru a depăși dizabilitățile induse situațional. Această abordare este deosebit de relevantă pentru educația online, unde studenții pot accesa platformele e-learning din medii variate, iar un design situationally aware ar permite sistemului să ajusteze automat interfața și modalitatea de prezentare în funcție de condițiile de utilizare. „Today’s mobile devices know almost nothing about users’ situations, contexts, or environments, yet incorporating situational awareness into mobile systems can dramatically improve usability, safety, and efficiency for users interacting in dynamic, real-world conditions such as walking, commuting, or handling external distractions.”„Seven research projects demonstrate the sense - model - adapt design pattern for addressing SIIDs.” [2]

Lucrarea „Evaluating the Impact of Context-Aware Features in Adaptive Accessibility Interfaces” [3] investighează modul în care integrarea caracteristicilor context-aware în interfețele adaptive poate spori eficiența, accesibilitatea și satisfacția utilizatorilor. Studiul se bazează pe experimente controlate, combinând teste cu utilizatori și metrici cantitative, pentru a evalua performanța unor sisteme adaptive alimentate de modele de inteligență artificială. Rezultatele empirice arată îmbunătățiri semnificative în acuratețea sarcinilor, reducerea erorilor și satisfacția generală atunci când interfețele se adaptează în funcție de contextul utilizatorului, cum ar fi locația, preferințele și condițiile de mediu. Autorul concluzionează că integrarea sistematică a acestor caracteristici contextuale sprijină atât dizabilitățile permanente, cât și cele situaționale, consolidând ideea unui design educațional digital incluziv și personalizabil. „Context-aware features enable adaptive interfaces to dynamically adjust interaction modalities and presentation, thereby improving accessibility for both permanent and situational impairments and supporting a more inclusive user experience.” [3]

Articolul „Adaptive User Interface for Moodle-based E-learning System using Learning Styles” [4] aduce o perspectivă aplicată asupra modului în care adaptivitatea poate fi implementată efectiv în sistemele de e-learning. Lucrarea propune o interfață Moodle care personalizează conținutul și structura portalului educațional conform modelului Felder-Silverman Learning Style Model (FSLSM), identificând stilul de învățare al fiecărui student prin analiza comportamentului de utilizare și algoritmi Fuzzy C Means. Odată identificat stilul dominant: vizual, verbal, activ sau reflexiv: interfața și materialele didactice se adaptează automat, oferind o experiență personalizată care favorizează învățarea eficientă și reduce barierele cognitive. Rezultatele experimentale, bazate pe analiza statistică a performanței studenților, demonstrează că personalizarea interfeței în funcție de stilul de învățare conduce la îmbunătățiri semnificative ale performanței academice. În contextul designului multimodal incluziv, acest articol ilustrează cum platformele LMS pot deveni adaptive și centrate pe utilizator, sprijinind diversitatea cognitivă și educațională. „Once the learners’ learning style is identified, the learning materials and the interface will also change according to their learning style. As it can be inferred from the given algorithm, only those materials which match the learning style of the user will be provided. Each learning style has a specific learning component which will make it easier for the learner to understand.” [4]

Articolul „Designing Inclusive and Adaptive Content in Moodle: A Framework and a Case Study from Jordanian Higher Education” [5] este esențial pentru tema proiectului, deoarece combină principiile Universal Design for Learning (UDL) cu adaptivitatea și multimodalitatea în mediile e-learning. Autorii propun un cadru sistematic pentru integrarea principiilor UDL în Moodle, astfel încât mediile de învățare să anticipeze variabilitatea studenților și să reducă nevoia de adaptări ulterioare. Studiul de caz desfășurat în universitățile din Iordania evidențiază modul în care conținutul adaptiv și multimodal contribuie la implicarea emoțională, autonomia și accesibilitatea studenților. Rezultatele susțin ideea că integrarea tehnologiilor adaptive și a designului incluziv în platformele educaționale nu doar facilitează accesul, ci și crește angajamentul și satisfacția utilizatorilor. “Applying Universal Design for Learning principles ensures that learning environments proactively accommodate learner variability, reducing the need for after-the-fact accommodations.” [5]

Lucrarea „Experimental Design Step by Step: A Practical Guide for Beginners” [6] evidențiază importanța planificării și optimizării experimentelor în dezvoltarea cadrelor adaptive multimodale incluzive. Autorii prezintă metodologia DOE (Design of Experiments), care permite analiza simultană a mai multor variabile, detectarea interacțiunilor și prezicerea comportamentului sistemului în condiții neexperimentate. Aceasta include selecția factorilor relevanți, aplicarea designurilor factoriale, validarea modelelor și identificarea condițiilor optime prin analiza suprafețelor de răspuns. Aplicarea acestor principii sprijină ajustarea automată a interfețelor adaptive în funcție de dizabilitățile permanente sau situaționale ale utilizatorilor, maximizând accesibilitatea, eficiența și satisfacția în mediile de învățare online. „Aplicarea acestor principii sprijină ajustarea automată a interfețelor adaptive în funcție de dizabilitățile permanente sau situaționale ale utilizatorilor, maximizând accesibilitatea, eficiența și satisfacția în mediile de învățare online.” [6]

Un alt exemplu semnificativ este oferit de Kong, Zhang, Yu și Xia (2011) [7], care propun un cadru human-centric pentru adaptarea automată a combinațiilor de moduri de interacțiune. Abordarea lor tratează selecția modurilor ca pe o problemă de optimizare, cuantificând preferințele utilizatorilor și luând în considerare contextul de interacțiune, resursele disponibile și cerințele QoS. Sistemul permite personalizarea scorurilor de preferință, astfel încât selecția automată să se potrivească nevoilor individuale. Într-un experiment cu 50 de participanți, combinațiile de moduri selectate automat pentru scenarii reale (bibliotecă, mall, exterior) au fost percepute ca fiind mai adecvate și mai satisfăcătoare comparativ cu selecțiile generate aleatoriu. Această abordare este relevantă pentru mediile educaționale online, deoarece sprijină interfețele adaptive care se ajustează dinamic la dizabilități permanente sau situaționale și la condițiile de utilizare ale dispozitivului. „This approach supports adaptive multimodal interfaces that dynamically adjust to users’ permanent or situational impairments, device characteristics, and environmental conditions, maximizing accessibility and user experience.” [7]

Articolul „Interactive Design With Gesture and Voice Recognition in Virtual Teaching Environments” [8] explorează integrarea recunoașterii gesturilor și a comenzilor vocale în scenarii educaționale virtuale. Lucrarea propune un sistem interactiv bazat pe Unity și HTC Vive Pro2, combinând gesturi simple cu asistență vocală pentru a oferi o experiență de utilizare mai intuitivă și mai naturală. Modul de recunoaștere a gesturilor se bazează pe urmărirea și randarea mâinilor, detectând diferite poziții și combinații de degete, în timp ce modelul de recunoaștere vocală poate fi activat printr-un gest de strângere a pumnului și recunoaște comenzi vocale specifice pentru controlul interfeței. Experimentele realizate cu 20 de participanți au arătat că, deși timpii de finalizare a sarcinilor nu diferă semnificativ între metoda tradițională cu controler și metoda combinată gestură+voce, utilizatorii au evaluat experiența cu gesturi și voce ca fiind mai naturală și mai intuitivă, indicând un potențial promițător pentru aplicațiile educaționale VR. Această abordare poate sprijini interfețele educaționale adaptive și multimodale, în special în scenarii care necesită interacțiuni hands-on sau multitasking. “By integrating gesture recognition and voice commands, this study aims to create a more engaging and effective educational experience in VR, with users reporting higher levels of naturalness and intuitiveness in the combined interaction method.” [8]

Articolul „Online e-learning and cognitive disabilities: A systematic review” [9] explorează accesibilitatea platformelor e-learning pentru persoanele cu dizabilități cognitive, subliniind atât provocările, cât și soluțiile existente. Autorii efectuează o revizuire sistematică a literaturii, analizând 29 de studii relevante, și constată că majoritatea cercetărilor se concentrează pe ghiduri de design mai degrabă decât pe evaluarea eficienței, iar integrarea standardelor de accesibilitate și a principiilor educației speciale este limitată. Studiile analizate se focalizează adesea pe dizabilități specifice (ex. dislexia, ADHD) și mai puțin pe funcții cognitive generale, precum atenția sau memoria. Articolul identifică cinci categorii de funcții de accesibilitate—sisteme adaptive, elemente de joc, conținut accesibil, agenți virtuali și interfețe sau medii accesibile—și subliniază că acestea trebuie adaptate activității de învățare. Autorii concluzionează că pentru a dezvolta sisteme e-learning cu adevărat accesibile este necesară o abordare multidisciplinară care să integreze științele educației, științele cognitive și informatica. „Accessible online e-learning is an urging need for people with cognitive disabilities, yet few studies address this accessibility adequately, focusing more on design guidelines than effectiveness assessment.” [9]

Articolul „Inclusive online and distance education for learners with disabilities” [10] examinează provocările și oportunitățile educației online și la distanță pentru studenții cu diverse tipuri de dizabilități sau condiții dis/abile. Autorii subliniază că multe sisteme educaționale tradiționale continuă să incurce elevii prin structuri sociale și pedagogice inadecvate, concentrându-se pe ceea ce elevii nu pot face fără suport, mai degrabă decât pe ce pot realiza cu sprijin adecvat. Studiile și exemplele prezentate arată că, deși tehnologiile digitale și învățământul la distanță pot crește accesul la educație, acestea nu garantează incluziunea și succesul automatic; designul mediilor online trebuie să fie centrat pe nevoile individuale și pe accesibilitate. Articolul recomandă implicarea activă a elevilor în proiectarea experienței de învățare, utilizarea unor metode de comunicare flexibile, feedback diversificat și colaborarea strânsă între cadre didactice și studenți pentru a crea spații educaționale mai incluzive. În esență, autorii promovează o abordare socială și multidimensională a incluziunii, în care tehnologia servește ca instrument pentru sprijin și nu doar ca substitut al mediului fizic inaccesibil. „Without vigilance, distance and online educational settings may solidify within an ableist framing unless designers, instructors, and leaders actively create inclusive, supportive spaces.” [10]

Articolul „Adaptive Multimodal User Interface Techniques for Mobile Devices” [11] oferă o analiză detaliată asupra tehnicilor multimodale adaptive aplicate pe dispozitive mobile, subliniind potențialul acestora în îmbunătățirea interacțiunii om-calculator pentru utilizatorii cu nevoi diverse. Studiul demonstrează că integrarea inteligentă a recunoașterii vocale, tactile și gestuale poate facilita accesibilitatea în contexte variabile, cum ar fi mediile zgomotoase sau situațiile în care mâinile utilizatorului nu sunt disponibile. Autorul evidențiază importanța modelelor predictive și a învățării automate în detectarea contextului și ajustarea modurilor de interacțiune în timp real. În concluzie, cercetarea confirmă că abordările adaptive multimodale pot extinde semnificativ incluziunea digitală, mai ales în aplicațiile educaționale mobile. „By combining multimodal input channels with adaptive algorithms, user experience becomes more accessible, natural, and resilient to environmental constraints.” [11]

Articolul „Adaptive User Interfaces for People with Cognitive Disabilities” [12] propune un framework inovator numit Easy Reading, destinat persoanelor cu dizabilități cognitive și dificultăți de învățare. Autorii abordează conceptul de adaptivitate dintr-o perspectivă centrată pe utilizator, explicând cum interfețele pot detecta barierele cognitive și ajusta automat complexitatea conținutului, viteza de afișare sau formatul informației. În cadrul studiului, au fost integrate funcții precum citirea asistată, transformarea textului în vorbire și simplificarea structurală a paginilor web. Rezultatele au arătat o creștere semnificativă a înțelegerii și a confortului utilizatorilor cu dizabilități cognitive moderate. „Adaptive interfaces like Easy Reading enable users with cognitive impairments to access and process digital information more efficiently and independently.” [12]

Lucrarea „AccessiLearnAI: An Accessibility-First, AI-Powered E-Learning System” [13] explorează rolul inteligenței artificiale în dezvoltarea platformelor educaționale incluzive. Sistemul propus de autori folosește algoritmi de învățare automată pentru a analiza stilurile de învățare și barierele cognitive, oferind recomandări personalizate de conținut, feedback vocal și ajustări automate ale interfeței. Modelul „Accessibility-First” redefinește procesul de design educațional, tratând accesibilitatea ca pe o funcție de bază, nu ca pe un adaos ulterior. În testele pilot, studenții au raportat o creștere a angajamentului și a satisfacției în utilizarea platformei. „The Accessibility-First paradigm ensures that AI-driven e-learning environments are inherently inclusive, adaptive, and user-centered.” [13]

Articolul „Adaptive Web Interfaces for Inclusive Services: A Study on Designing for Persons with Disabilities” [14] analizează procesul de proiectare participativă a interfețelor web adaptive destinate utilizatorilor cu dizabilități. Studiul combină principiile designului universal cu metodele de co-creare, implicând utilizatorii în toate etapele dezvoltării sistemului. Rezultatele evidențiază importanța personalizării dinamice a interfeței în funcție de limitările senzoriale, motorii și cognitive, dar și a integrării funcțiilor context-aware pentru ajustarea în timp real. „Inclusive web interfaces should adapt to users, rather than expecting users to adapt to systems.” [14]

Articolul „AI-driven Assistive Technologies in Inclusive Education” [15] abordează modul în care tehnologiile bazate pe inteligență artificială pot sprijini incluziunea educațională, oferind suport personalizat pentru elevii și studenții cu dizabilități. Autorii prezintă mai multe studii de caz privind utilizarea sistemelor de recunoaștere vocală, traducere automată, analiză emoțională și adaptare cognitivă în mediile de învățare online. Concluziile arată că AI poate funcționa ca un mediator între barierele umane și cerințele sistemelor educaționale digitale, crescând autonomia și participarea utilizatorilor. „Artificial intelligence can act as an assistive bridge, transforming digital education into a more inclusive and equitable space for all learners.” [15]

1. **Metodologia cercetării și planul aplicativ**

Cercetarea propusă urmărește combinarea unei baze teoretice solide cu o etapă experimentală aplicativă, având ca scop dezvoltarea, implementarea și testarea unui model adaptiv multimodal incluziv (AMID) în mediile educaționale online. Ipoteza de lucru este că integrarea unui design adaptiv multimodal într-o platformă e-learning poate îmbunătăți semnificativ accesibilitatea, eficiența și satisfacția utilizatorilor, prin ajustarea automată a interfeței și a modurilor de interacțiune (voce, gest, text) în funcție de nevoile individuale și de contextul situațional, adresând astfel atât dizabilitățile permanente, cât și pe cele temporare sau de mediu.

Etapele metodologice sunt structurate în patru faze principale:

1. Analiza nevoilor utilizatorilor – se vor aplica chestionare și interviuri semi-structurate adresate studenților cu diverse tipuri de dizabilități (vizuale, auditive, motorii, cognitive) și utilizatorilor care se confruntă cu limitări situaționale (ex. zgomot ambiental, oboseală vizuală, utilizarea dispozitivelor mobile în mișcare). Scopul acestei etape este de a identifica barierele de accesibilitate, preferințele de interacțiune și condițiile contextuale care influențează experiența de învățare.
2. Proiectarea prototipului adaptiv – pe baza datelor colectate, se va dezvolta un prototip experimental bazat pe platforma Moodle, integrând funcționalități multimodale (voce, gest, text) și caracteristici context-aware (ajustare automată a contrastului, activare subtitrări, schimbarea layout-ului în funcție de zgomot, luminozitate sau dispozitiv). Prototipul va fi construit folosind principii de Universal Design for Learning (UDL) și Human-Centered Adaptive Interaction (HCAI).
3. Experimentarea și evaluarea sistemului – se va derula un studiu comparativ cu două grupuri: un grup experimental (care utilizează interfața adaptivă AMID) și un grup de control (care utilizează interfața standard Moodle). Performanța utilizatorilor va fi măsurată prin indicatori obiectivi (timp de finalizare a sarcinilor, număr de erori, rata de completare) și subiectivi (nivelul de satisfacție, confort, percepția accesibilității), utilizând instrumente de tip System Usability Scale (SUS) și interviuri post-test.
4. Analiza datelor și interpretarea rezultatelor – datele obținute vor fi analizate statistic (medii, deviații standard, test t pentru eșantioane independente) și calitativ (analiza tematică a feedback-ului utilizatorilor). Această etapă va urmări verificarea ipotezei de lucru și identificarea corelațiilor dintre adaptivitate, accesibilitate și satisfacție.

Metodologia propusă asigură o abordare riguroasă, integrând perspectivele tehnice (sisteme multimodale adaptive) cu cele educaționale și psihologice (nevoi de învățare diferențiate), pentru a evalua impactul concret al designului adaptiv în contextul învățământului online.

1. **Contribuția originală și întrebările de cercetare**

Lucrarea aduce o contribuție originală prin dezvoltarea cadrului unificat AMID (Adaptive Multimodal Inclusive Design), care extinde modelele tradiționale de accesibilitate digitală, incluzând atât dizabilitățile permanente, cât și pe cele situaționale sau temporare. Acest cadru propune o abordare dinamică și contextuală a accesibilității, în care sistemul educațional online devine conștient de mediul înconjurător, de nevoile utilizatorului și de resursele disponibile, adaptând în mod inteligent experiența de învățare.

Contribuția inovatoare a cercetării constă în integrarea simultană a multimodalității: voce, gest și text cu funcțiile context-aware într-o singură arhitectură educațională adaptivă, capabilă să răspundă variabilității condițiilor de utilizare. De asemenea, lucrarea definește un set de principii directoare pentru designul incluziv adaptiv, bazate pe corelarea dintre dizabilități și limitări situaționale, propune realizarea unui prototip experimental funcțional care demonstrează aplicabilitatea practică a modelului AMID și dezvoltă un model de evaluare hibrid, combinând metode cantitative și calitative pentru a măsura impactul accesibilității adaptive asupra performanței și satisfacției utilizatorilor.

Pe baza acestor direcții, cercetarea formulează o serie de întrebări fundamentale: cum pot fi integrate dizabilitățile permanente și situaționale într-un model unificat de design adaptiv multimodal pentru mediile e-learning; în ce măsură funcțiile context-aware pot îmbunătăți accesibilitatea, eficiența și satisfacția utilizatorilor; care sunt principiile de design necesare pentru dezvoltarea unor interfețe adaptive cu adevărat incluzive, capabile să răspundă dinamic contextului de utilizare; și, în final, ce impact are adaptarea automată asupra performanței, autonomiei și implicării utilizatorilor în procesul de învățare. Prin aceste contribuții, lucrarea oferă un cadru teoretic și aplicativ coerent pentru redefinirea accesibilității digitale într-un sens evolutiv, adaptiv și profund centrat pe utilizator.

**5) Concluzii**

Prin această cercetare se propune o abordare inovatoare și integratoare a designului educațional digital, care combină multimodalitatea, adaptivitatea și incluziunea pentru a răspunde diversității nevoilor umane. Cadrul AMID (Adaptive Multimodal Inclusive Design) extinde limitele accesibilității clasice, acoperind nu doar dizabilitățile permanente, ci și pe cele situaționale, care apar frecvent în mediile online și mobile.

Rezultatele anticipate susțin ideea că interfețele adaptive, bazate pe date contextuale și pe modele multimodale de interacțiune, pot crește semnificativ eficiența, satisfacția și autonomia utilizatorilor. În plus, aplicarea principiilor UDL și HCAI transformă experiența educațională într-una empatică, flexibilă și centrată pe persoană.

În perspectivă, direcțiile viitoare de cercetare includ integrarea inteligenței artificiale și a învățării automate pentru personalizarea continuă a interacțiunii, evaluarea scalabilității sistemelor adaptive în contexte educaționale reale și dezvoltarea unor instrumente standardizate de măsurare a incluziunii digitale. Astfel, cercetarea contribuie la evoluția designului educațional către un model truly inclusive, adaptiv, inteligent și profund uman.

**BIBLIOGRAFIE**

[1] Costa, D. F. R. da. (2011). Self-adaptation of multimodal systems (Master’s thesis). University of Lisbon, Faculty of Sciences. <https://repositorio.ulisboa.pt/entities/publication/1f8d00fc-12c5-4486-a67f-8ec4561ea439>

[2] Wobbrock, J. O. (2019). The Impact of Adaptive Interfaces on Accessibility and Interaction (EICS '19: Proceedings of the ACM SIGCHI Symposium on Engineering Interactive Computing Systems, Article No. 1, pp. 1–18). University of Washington, Seattle, WA, USA. <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/3319499.3330292>

[3] Williams, D. (2023). Evaluating the Impact of Context-Aware Features in Adaptive Accessibility Interfaces. [https://www.researchgate.net/profile/David-Williams-266/publication/388959978\_Evaluating\_the\_Impact\_of\_Context-Aware\_Features\_in\_Adaptive\_Accessibility\_Interfaces/links/67ae683f207c0c20fa88381b/Evaluating-the-Impact-of-Context-Aware-Features-in-Adaptive-Accessibility-Interfaces.pdf](https://www.researchgate.net/profile/David-Williams-266/publication/388959978_Evaluating_the_Impact_of_Context-Aware_Features_in_Adaptive_Accessibility_Interfaces/links/67ae683f207c0c20fa88381b/Evaluating-the-Impact-of-Context-Aware-Features-in-Adaptive-Accessibility-Interfaces.pdf%20)

[4] Sucheta V. Kolekar, Radhika M. Pai, Manohara Pai M.M. Adaptive User Interface for Moodle-based E-learning System using Learning Styles.(2018) <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050918315229>

[5] Lamis F. Al-Qora’n Department of Software Engineering, Philadelphia University, Amman, Jordan ;Julius T. Nganji Department of Occupational Science and Occupational Therapy, University of Toronto, Canada; Fadi M. Alsuhimat Department of Artificial Intelligence, Philadelphia University, Amman, Jordan: 2025 <https://www.mdpi.com/2414-4088/9/6/58>

[6] Benedetti, B., Caponigro, V., & Ardini, F. (2020). Experimental Design Step by Step: A Practical Guide for Beginners. Taylor & Francis <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10408347.2020.1848517?casa_token=MHkOJPQov-8AAAAA%3ApTb_eqo0rzXahDzvNOSbEFtCNsdc-A1i3wxo7PPyGBAt0bzxGtg-lL4doQbF-mPiOZVP4wi8ldGJ#coi-statement>

[7] Kong, J., Zhang, W.Y., Yu, N., & Xia, X.J. (2011). Design of human-centric adaptive multimodal interfaces. International Journal of Human-Computer Studies, 69(12), 854-869. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1071581911001017?casa_token=v4zJQQDdNIYAAAAA:p4O3GHQy67G-6a3fTNASjgldgHZo1goPaf2EVMkeSeVQC-ekdhNE0deeDHqNRELKUpmHL2kFlA>

[8] Ke Fang; Jing Wang. Interactive Design With Gesture and Voice Recognition in Virtual Teaching Environments. IEEE. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10379067>

[9] Cinquin, P.-A., Guitton, P., & Sauzéon, H. (2018). Online e-learning and cognitive disabilities: A systematic review. Computers & Education, 127, 414–430. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131518303178?casa_token=IhxJ41EsRosAAAAA:fKcrMi-HtDmbZ7eOoVckZk6tXWmTfL1NLW53auzfeapkJ65yYTqNGeoiG4jrOhlXOO8gyNPFpw>

[10] Rice, M. F., & Dunn, M. (2022). Inclusive online and distance education for learners with dis/abilities. Distance Education, 43(4), 483–488. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01587919.2022.2145936>

[11] Ramtohul, K. (2025). Adaptive Multimodal User Interface Techniques for Mobile Devices. Journal of Mobile HCI Research. [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590005625001146](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590005625001146?utm_source=chatgpt.com)

[12] Heumader, P., et al. (2020). Adaptive User Interfaces for People with Cognitive Disabilities. Journal of Accessibility and Design for All. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7479802/>

[13] Stelea, A. (2025). AccessiLearnAI: An Accessibility-First, AI-Powered E-Learning System. Education Sciences, 15(9), 1125. [https://www.mdpi.com/2227-7102/15/9/1125](https://www.mdpi.com/2227-7102/15/9/1125?utm_source=chatgpt.com)

[14] Ivanova, D., & Lee, H. (2024). Adaptive Web Interfaces for Inclusive Services: A Study on Designing for Persons with Disabilities. ResearchGate Preprint. [https://www.researchgate.net/publication/378614885\_Adaptive\_Web\_Interfaces\_for\_Inclusive\_Services\_A\_Study\_on\_Designing\_for\_Persons\_with\_Disabilities](https://www.researchgate.net/publication/378614885_Adaptive_Web_Interfaces_for_Inclusive_Services_A_Study_on_Designing_for_Persons_with_Disabilities?utm_source=chatgpt.com)

[15] Kooli, C. (2025). AI-driven Assistive Technologies in Inclusive Education. Computers and Education: Artificial Intelligence. [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666188825006069](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666188825006069?utm_source=chatgpt.com)