

РОЛЯТА НА ИЗКУСТВЕНИЯ ИНТЕЛЕКТ В ПОВИШАВАНЕ НА ОБРАЗОВАТЕЛНАТА ДОСТЪПНОСТ ЗА ХОРА СЪС ЗРИТЕЛНИ УВРЕЖДЕНИЯ: МЕЖДУ ИНОВАЦИИТЕ И БАРИЕРИТЕ

**Хон. преп. д-р Елена Юриева Филипова,
Университет за национално и световно стопанство
Катедра „Информационни технологии и комуникации”**

Резюме: Приложението на изкуствения интелект (ИИ) в образованието на хора със зрителни увреждания предлага иновативни решения за подобряване на достъпността, качеството на обучението и социалната интеграция. Тази статия изследва ролята на технологиите, базирани на ИИ, за преодоляване на бариерите, пред които са изправени хората със зрителни увреждания в образователния си процес. Ключови технологии като системи за преобразуване на текст в реч, разпознаване на обекти и сцени, инструменти за навигация и персонализирани платформи за обучение са разгледани по отношение на тяхната ефективност и ползи. ИИ насърчава по-голяма независимост, като позволява персонализирани учебни преживявания и подобрен достъп до информация, помагайки на хората с увредено зрение да се ориентират както във физическа среда, така и в образователно съдържание. Обсъждат се обаче предизвикателствата, свързани с разходите за технологии, достъпността, поверителността на данните и етичните последици от интеграцията на ИИ. Бъдещите перспективи наблягат на разработването на адаптивни образователни системи, съобразени с индивидуалните нужди, предлагащи обещаващи постижения в достъпността на образованието. Чрез интердисциплинарни изследвания и приобщаващ дизайн, ИИ може напълно да реализира своя потенциал като трансформиращ инструмент за подобряване на образованието и социалната интеграция на хора със зрителни увреждания.

Ключови думи: зрителни увреждания, изкуствен интелект, иновативни технологии, социално приобщаване, адаптивно обучение, социална интеграция

JEL: I21, O33, C38

DOI: <https://doi.org/10.58861/tae.di.2026.1.04>

THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN ENHANCING EDUCATIONAL ACCESSIBILITY FOR PEOPLE WITH VISUAL IMPAIRMENTS: BETWEEN INNOVATIONS AND BARRIERS

**Adjunct Lecturer Elena Yurieva Filipova, PhD
University of National and World Economy (UNWE)
Department of Information Technologies and Communications**

Abstract: The application of Artificial Intelligence (AI) in the education of people with visual impairments offers innovative solutions for improving accessibility, quality of learning, and social integration. This article explores the role of AI-based technologies in overcoming the barriers faced by individuals with visual impairments in their educational journey. Key technologies such as text-to-speech systems, object and scene recognition, navigation tools, and personalized learning platforms are

examined in terms of their effectiveness and benefits. AI fosters greater independence by enabling personalized learning experiences and enhanced access to information, supporting people with visual impairments in navigating both physical environments and educational content. However, the study also discusses challenges related to technological costs, accessibility, data privacy, and the ethical implications of AI integration. Future perspectives emphasize the development of adaptive educational systems tailored to individual needs, offering promising advancements in educational accessibility. Through interdisciplinary research and inclusive design, AI can fully realize its potential as a transformative tool for improving education and promoting social integration for people with visual impairments.

Keywords: visual impairments, artificial intelligence, innovative technologies, social inclusion, adaptive learning, social integration

JEL: I21, O33, C38

DOI: <https://doi.org/10.58861/tae.di.2026.1.04>

Образованието играе ключова роля в развитието на личността и в социалната реализация на всеки човек, като осигурява знания, умения и възможности за участие в икономическия и обществения живот. За хората със зрителни увреждания достъпът до качествено образование е още по-значим, тъй като подпомага изграждането на самостоятелност, професионална реализация и социална интеграция.

Въпреки усилията за приобщаващо образование, хората със зрителни увреждания продължават да срещат редица бариери – свързани с достъпа до учебни материали, адаптирани методи на преподаване, технологична инфраструктура и квалификация на преподавателите. В този контекст внедряването на дигитални и асистивни технологии се разглежда като ключов фактор за повишаване на образователната достъпност и равнопоставеност.

Новите технологии имат съществено значение за подобряване на качеството и достъпността на образованието за хора със зрителни увреждания. Те предоставят възможности за преодоляване на ограниченията, свързани с възприемането на текстово и визуално съдържание, както и за адаптиране на учебния процес към индивидуалните потребности на обучаемите.

Искусственият интелект (ИИ) се утвърждава като една от най-перспективните технологии в тази област, тъй като позволява разработването на интелигентни асистивни решения и персонализирани образователни подходи. Чрез интегриране на алгоритми за машинно обучение, обработка на естествен език и компютърно зрение, ИИ подпомага учебния процес в няколко основни направления:

- Четене и писане – чрез технологии за разпознаване на текст (OCR) и преобразуване на текст в реч (TTS), които улесняват достъпа до учебни материали и самостоятелната работа на обучаемите.
- Навигация и ориентация – чрез интелигентни навигационни системи и решения за пространствена ориентация, които подпомагат придвижването в учебна среда и повишават независимостта.
- Персонализирано обучение – чрез анализ на индивидуалния напредък и потребности на обучаемите, което позволява адаптиране на учебното съдържание и методите на преподаване.

- Интерактивно обучение – чрез ИИ-базирани платформи, виртуални асистенти и адаптивни образователни системи, които разширяват възможностите за дистанционно обучение и интерактивно участие.

Възможностите на изкуствения интелект създават предпоставки за трансформиране на приобщаващото образование чрез подобряване на достъпа до информация, повишаване на мотивацията за учене и намаляване на зависимостта от външна подкрепа. Наред с положителните ефекти обаче съществуват и ограничения, свързани с финансовата достъпност, технологичната инфраструктура, етичните рискове и защитата на личните данни, които следва да бъдат отчетени при анализ на потенциала на ИИ в образованието.

Целта на настоящата статия е да изследва и анализира приложението на изкуствения интелект (ИИ) в образованието на хора със зрителни увреждания. Чрез преглед на научната литература, съществуващи технологични решения и добри практики се цели да се очертаят основните направления на влияние на ИИ върху образователната достъпност, както и да се идентифицират ключовите ползи, ограничения и бариери пред внедряването на подобни технологии в учебна среда.

Методология на изследването

Настоящото изследване е с теоретико-приложен характер и се основава на методите на систематичен литературен обзор, сравнителен анализ и аналитична интерпретация на вторични данни. Целта на методологичния подход е да се представи **обобщена и систематизирана** картина на ролята на изкуствения интелект (ИИ) за повишаване на образователната достъпност при хора със зрителни увреждания, както и да се идентифицират ключови ползи, ограничения и бариери при внедряването на подобни технологии.

Литературният обзор включва анализ на научни публикации, доклади, академични статии и изследвания, свързани с развитието на асистивните технологии, приложенията на ИИ в образованието и социалното приобщаване на хора със зрителни увреждания. Подборът на източници е извършен на базата на тяхната релевантност към темата, актуалност, научна достоверност и приложимост към разглеждания проблем. Особено внимание е отделено на публикации, които представят конкретни технологични решения (напр. TTS, OCR, разпознаване на обекти, навигационни системи и адаптивни платформи), както и на такива, които разглеждат етични, социални и институционални аспекти на внедряването на ИИ.

Сравнителният анализ е приложен с цел съпоставка на различни технологични подходи и модели за подкрепа, като са разгледани техните функционални възможности, ефективност и ограничения в образователна среда. Аналитичната интерпретация е използвана за извеждане на основните тенденции, предизвикателства и насоки за бъдещо развитие, като се акцентира върху причинно-следствените връзки между технологичните иновации и реалната образователна достъпност.

Изследването има обзорно-концептуален характер и не включва самостоятелно емпирично проучване чрез анкетиране или експеримент. Поради това количествените данни и проценти, използвани в текста, са представени като вторични или илюстративни, с цел визуализиране на тенденции, а не като резултат от авторово статистическо изследване.

Практическата значимост на изследването се изразява в систематизация и сравнителен синтез на ключови ИИ технологии и бариери, както и в предложен концептуален модел за интегрирана ИИ система.

Научен принос и практическа значимост

Научният принос на настоящото изследване се изразява в систематизиране и аналитично обобщаване на основните направления, в които изкуственият интелект подпомага образователната достъпност за хора със зрителни увреждания. Разработката надгражда съществуващите обзорни подходи чрез структурирано разглеждане на връзката между технологичните решения и реалните бариери пред приобщаващото образование.

По-конкретно, приносът на изследването може да бъде обобщен в следните направления:

- Извеждане на структурирана класификация на основните ИИ - базирани асистивни технологии (TTS, OCR, разпознаване на обекти и сцени, навигационни решения и адаптивни обучителни платформи) и тяхната приложимост в образователна среда.
- Анализ на въздействието на тези технологии върху ключови аспекти на обучението – достъп до учебно съдържание, самостоятелност, мотивация, участие в учебния процес и социална интеграция.
- Идентифициране и систематизиране на основните бариери пред внедряването на ИИ решения – технологични, финансови, институционални, социални и етични, като се акцентира върху риска от задълбочаване на дигиталното неравенство.
- Формулиране на практически насоки и препоръки към образователните институции и заинтересованите страни за по-ефективно и етично внедряване на ИИ в подкрепа на приобщаващото образование.

Практическата значимост на изследването се определя от възможността резултатите да подпомогнат университети, училища и институции при планиране на политики и стратегии за дигитална достъпност, както и при избор на подходящи технологични решения за подкрепа на обучаеми със зрителни увреждания.

1. История и развитие на асистивните технологии

Развитието на асистивните технологии за хора със зрителни увреждания преминава през няколко ключови етапа, които отразяват **технологичния напредък и еволюцията на подходите** за осигуряване на достъп до образование и информация. Ранните форми на подкрепа са свързани с механични и тактилни решения, като най-значимият исторически пробив е създаването на брайловата система през XIX век, която поставя основата за образователна интеграция на хората със зрителни увреждания.

През XX век и особено с развитието на компютърните технологии, асистивните решения започват да включват електронни устройства и специализиран софтуер. Появата на екранни четци и системи за преобразуване на текст в реч значително разширява възможностите за достъп до дигитално съдържание и самостоятелна работа в учебна среда. Този етап бележи прехода от физически и компенсаторни средства към дигитални инструменти, които подпомагат обучението и комуникацията.

През последните две десетилетия развитието на изкуствения интелект (ИИ) трансформира асистивните технологии, като ги превръща в по-адаптивни и контекстно чувствителни системи. Чрез методи на машинното обучение, обработка на естествен език и компютърно зрение се създават решения, които не само предоставят достъп до информация, но и анализират средата и потребностите на потребителя в реално време. Това води до появата на интелигентни приложения за разпознаване на текст и обекти, навигационни системи, персонализирани обучителни платформи и виртуални асистенти, които разширяват възможностите за самостоятелно обучение и участие в образователния процес.

Съвременните тенденции показват, че бъдещото развитие на асистивните технологии ще бъде насочено към интегрирани системи, които обединяват множество функционалности в единна среда и осигуряват по-висока степен на персонализация. В този контекст ИИ се очертава като ключов фактор за преодоляване на технологичните и социалните бариери пред приобщаващото образование.

За да се онагледят развитието на асистивните технологии във времето, на **Фигура 1** е представена еволюцията на основните етапи.



Фигура 1. Еволюция на асистивните технологии за хора със зрителни увреждания¹

Забележка: Представените стойности са илюстративни/вторични, извлечени чрез обобщение на разгледаната литература и не представляват резултат от авторово емпирично изследване.

Фигурата представя основните етапи в развитието на асистивните технологии – от тактилни методи и брайлова система до дигитални и базирани на ИИ решения. Времева линия подчертава ускорения темп на иновации след 2000 г., когато изкуственият интелект започва да играе водеща роля в създаването на адаптивни и персонализирани технологии за подкрепа.

2. Текущо състояние на изследванията

С развитието на изкуствения интелект (ИИ) и неговото внедряване в образователната среда се увеличава броят на изследванията, които анализират възможностите за подкрепа на хора със зрителни увреждания чрез асистивни технологии. Съвременната литература се фокусира върху разработването на интелигентни решения за достъп до информация, ориентация в средата и

¹ Създадено от автора въз основа на преглед на научната литература и институционални доклади ([3], [4], [10], [13], [16], [21]).

персонализиране на учебния процес, като основен акцент се поставя върху подобряване на автономността и равнопоставеното участие на обучаемите.

Независимо от широкия интерес, значителна част от публикациите остават предимно описателни и технологично ориентирани, като по-рядко се наблюдава систематичен сравнителен анализ на ефективността на различните решения в реална институционална среда. Това налага необходимостта от обобщаване на ключовите направления в изследванията и идентифициране на основните предизвикателства, които възпрепятстват практическото приложение на ИИ в приобщаващото образование.

2.1 Основни направления на изследванията

На основата на анализираната научна литература могат да бъдат обособени няколко водещи направления в изследванията, свързани с приложението на изкуствения интелект при хора със зрителни увреждания. Класификацията се базира на функционалната роля на технологиите в образователния процес – достъп до информация, ориентация в средата, персонализация на обучението и интеграция на мултимодални решения. Тези направления очертават както технологичните иновации, така и основните предизвикателства пред тяхното практическо приложение.

2.1.1 Преобразуване на текст в реч (TTS) и екранни четци

Изследванията в областта на преобразуването на текст в реч са насочени към повишаване на естествеността, интонационната точност и разбираемостта на синтезираната реч. Напредъкът в невронните мрежи и дълбокото обучение допринася за значително подобряване на качеството на TTS системите, което увеличава ефективността им при използване на учебни материали и дигитални ресурси. TTS решенията се разглеждат като фундаментален инструмент за достъпност, тъй като намаляват зависимостта от външна помощ и улесняват самостоятелното учене.

Въпреки това, в литературата се поставя въпросът доколко подобренията в качеството на синтезираната реч реално водят до по-добро разбиране на сложни академични текстове, особено в контекста на специализирана терминология.

Въпреки значителния технологичен напредък, TTS системите остават ограничени при интерпретация на сложни академични структури, математически изрази и графично представена информация, което поставя въпроса за тяхната пълна функционална еквивалентност спрямо визуалния достъп до съдържание.

2.1.2 Разпознаване на обекти и сцени (Computer Vision)

Компютърното зрение и алгоритмите с изкуствен интелект за разпознаване на обекти и сцени се развиват активно, като намират приложение в мобилни устройства и приложения за подпомагане на ежедневната ориентация и възприемане на заобикалящата среда. Тези технологии допринасят за по-висока автономност, като предоставят аудио описание на визуална информация.

В същото време научните изследвания подчертават зависимостта на подобни системи от условията на осветеност, качеството на камерата и точността на алгоритмите при разпознаване в сложни среди, което поставя въпроса за тяхната надеждност в реални образователни ситуации.

Въпреки високия потенциал за повишаване на автономността, ефективността на системите за компютърно зрение остава силно зависима от качеството на

визуалните данни и контекста на средата, което поставя ограничения пред тяхната надеждност в динамични или сложни образователни ситуации.

2.1.3 Навигационни системи и интелигентна ориентация

Навигационните решения, базирани на ИИ, комбинират GPS, сензорни технологии и алгоритми за машинно обучение с цел предоставяне на указания и предупреждения за препятствия. Те са особено значими в образователна инфраструктура, където пространствената ориентация е ключова за независимото участие в учебния процес.

Литературата обаче акцентира върху необходимостта от висока степен на интеграция между хардуерни и софтуерни компоненти, както и върху въпросите, свързани с надеждността, точността и безопасността — фактори, които често ограничават широкото им институционално внедряване.

Въпреки високата практическа полза, навигационните ИИ решения поставят значителни изисквания към инфраструктурата, точността на сензорните данни и непрекъснатата актуализация на картографската информация, а в образователен контекст възниква и въпросът за отговорността и безопасността при потенциални грешки в навигационните инструкции.

2.1.4 Персонализирано и адаптивно обучение

Изследванията върху персонализираното обучение разглеждат използването на ИИ за анализ на индивидуалния напредък, потребности и предпочитания на обучаемите. Адаптивните платформи позволяват създаване на индивидуални учебни траектории, което може да подпомогне обучаемите със зрителни увреждания при усвояване на сложни учебни съдържания.

Основен научен дебат в тази област е свързан с прозрачността на алгоритмите и необходимостта от педагогическа валидност на препоръките, генерирани от системите, тъй като ефективността на персонализацията зависи не само от технологичните възможности, но и от качеството на педагогическия дизайн.

Същевременно, потенциалът на адаптивните платформи е съпътстван от риск, свързан с непрозрачността на алгоритмичните решения и с възможността препоръките да не отразяват педагогически валидни цели и методи, което може да доведе до формална персонализация без реално подобрене на учебните резултати.

2.2 Влияние върху учебния процес

Съществуващите изследвания очертават няколко устойчиви тенденции по отношение на влиянието на ИИ технологиите върху учебния процес при хора със зрителни увреждания. На първо място се отчита съществено подобрене в достъпа до информация и учебни ресурси чрез автоматизирано преобразуване на текстово и визуално съдържание в достъпни формати. Това намалява зависимостта от посредничество и създава условия за по-самостоятелно усвояване на учебния материал.

Наред с това литературата посочва повишена автономност при изпълнение на учебни задачи и ориентация в образователната среда. Навигационните решения и адаптивните платформи подпомагат планирането и организацията на учебната дейност, което има пряко отражение върху академичната ефективност.

Допълнително се наблюдава положително влияние върху мотивацията и ангажираността на обучаемите. Интерактивните и персонализирани системи създават условия за по-активно участие в учебния процес и улесняват

комуникацията с преподаватели и състуденти, което допринася за социалната интеграция.

Въпреки отчетените позитивни тенденции, в научната литература се подчертава, че значителна част от емпиричните резултати са базирани на ограничени извадки, пилотни изследвания или експериментални условия. Това поставя въпроса за степента на приложимост и устойчивост на наблюдаваните ефекти в реална институционална среда.

2.3 Предизвикателства и ограничения

Въпреки отчетения потенциал на изкуствения интелект за подобряване на достъпността в образованието, научната литература подчертава наличието на комплекс от ограничения, които възпрепятстват неговото устойчиво и широко приложение.

2.3.1 Технически предизвикателства

Сред основните технически ограничения се открояват проблеми, свързани с точността и надеждността на алгоритмите, особено при обработка на сложни визуални среди, динамични ситуации и наличие на шумови фактори. Неточностите при разпознаване на текст, обекти или сцени могат да доведат до неправилна интерпретация на информацията, което в образователен контекст създава риск от грешки при усвояване на учебното съдържание. Допълнително предизвикателство представлява интеграцията на различни компоненти – хардуер, софтуер и облачни услуги – в стабилна, съвместима и достъпна платформа, способна да функционира надеждно в реална институционална среда.

2.3.2 Етични и социални въпроси

ИИ технологиите повдигат съществени въпроси, свързани със защитата на личните данни, събирането и обработването на чувствителна информация и потенциалните рискове от алгоритмична пристрастност. В образователния контекст тези проблеми придобиват особена тежест, тъй като се отнасят до данни на ученици и студенти, включително информация за тяхното здравословно състояние и учебен напредък. Особено значими са аспектите на прозрачност и контрол върху решенията, генерирани от интелигентните системи, както и необходимостта от съответствие с етични стандарти и нормативни изисквания.

2.3.3 Финансови и институционални бариери

Наред с техническите и етичните ограничения, съществуват и значими финансови и институционални бариери. Високата цена на специализираните решения, необходимостта от съвременна техническа инфраструктура и липсата на достатъчно подготвен персонал могат да ограничат реалното внедряване на ИИ технологии. В този смисъл дори технологично ефективни решения могат да останат частично неизползвани, ако не са съпътствани от институционална стратегия, обучение на преподаватели и устойчиви механизми за финансиране.

В този контекст бъдещите изследвания следва да бъдат насочени към по-детайлна оценка на ефективността на ИИ решенията в реални образователни условия и към разработване на практически модели за тяхното устойчиво внедряване.

3. Асистивни технологии и иновации за хора със зрителни увреждания

Интегрирането на изкуствения интелект (ИИ) в асистивните технологии за хора със зрителни увреждания води до значителна трансформация на достъпността в образованието. Съвременните решения надграждат традиционните компенсаторни средства чрез автоматизация, адаптивност и контекстна интерпретация на информацията. В резултат се създават инструменти, които подпомагат не само достъпа до учебно съдържание, но и активното участие на обучаемите в образователната среда.

Асистивните технологии, базирани на ИИ, могат да бъдат систематизирани в няколко основни направления според тяхната функционална роля.

3.1 Технологии за преобразуване и достъп до текстово съдържание

Една от най-широко използваните категории асистивни решения включва системите за преобразуване на текст в реч (Text-to-Speech, TTS), както и екранните четци. Чрез невронни мрежи и дълбоко обучение тези системи постигат значително по-висока естественост и разбираемост на синтезираната реч, което подобрява възприемането на учебни материали, електронни книги и онлайн ресурси.

В образователен контекст това означава преход от пасивно компенсиране на липсваща визуална информация към активно участие в процеса на учене. Въпреки това, при работа със специализирана терминология, математически формули и графични структури, TTS решенията все още срещат ограничения, което поставя въпроса за тяхната пълна функционална еквивалентност спрямо визуалния достъп.

3.2 Компютърно зрение и разпознаване на визуална информация

Компютърното зрение, базирано на ИИ, намира приложение при разпознаване и описание на обекти, сцени и текст в реално време. Тези технологии позволяват преобразуване на визуална информация в аудио описание, което подпомага ориентацията и достъпа до учебни материали, включително диаграми и визуални инструкции.

За разлика от TTS решенията, които работят с вече структурирана текстова информация, системите за компютърно зрение се справят с неструктурирана среда, което значително увеличава тяхната сложност и потенциал за грешки. Ефективността им зависи от условията на осветеност, качеството на камерите и устойчивостта на алгоритмите при сложни среди.

3.3 Интелигентни навигационни решения и ориентация

Навигационните системи, използващи GPS, сензори и машинно обучение, подпомагат придвижването и ориентацията на хора със зрителни увреждания. В образователна среда това има особена значимост, тъй като пространственият достъп е пряко свързан с равнопоставеното участие.

Тук технологичната функция придобива социално измерение, тъй като липсата на надеждна ориентация може да ограничи реалното включване в учебния процес. Въпросът за безопасността и точността в реални условия остава критичен фактор за устойчивото приложение на тези системи.

3.4 Адаптивни и персонализирани обучителни платформи

ИИ-базираните обучителни системи позволяват адаптиране на учебното съдържание към индивидуалните потребности и напредък на обучаемия. Чрез

анализ на данни за учебното поведение могат да се изграждат персонализирани учебни траектории и препоръки, които подпомагат усвояването на знания. Въпреки това, подобни решения изискват педагогическа валидност, прозрачност на алгоритмите и съответствие с принципите на приобщаващото образование.

Тези решения представляват качествено различен етап спрямо компенсаторните технологии, тъй като не само осигуряват достъп, но и структурират учебния процес според индивидуалните особености. Това обаче поставя въпроса за педагогическата валидност на алгоритмичните препоръки и за риска от прекомерна автоматизация.

3.5 Интегрирани решения и мултимодални асистенти

Развитието на ИИ води до появата на интегрирани приложения и виртуални асистенти, които комбинират няколко функционалности – четене, разпознаване на обекти, ориентация и управление чрез гласови команди. Тези решения улесняват ежедневната работа на обучаемите, като предоставят комплексна подкрепа и възможност за взаимодействие с дигиталната среда чрез естествен език.

Предимството на тези системи се състои в синергията между отделните модули, което позволява по-висока степен на автономност. В същото време тяхната сложност изисква висока степен на съвместимост и стабилност, което ги прави по-зависими от техническа инфраструктура и поддръжка.

Асистивните технологии, базирани на изкуствен интелект, представляват ключов инструмент за повишаване на образователната достъпност и за насърчаване на приобщаващото обучение. Чрез автоматизирано преобразуване на текстова и визуална информация, интелигентна ориентация и персонализиране на учебното съдържание, тези решения подпомагат автономността и активното участие на хората със зрителни увреждания в образователния процес. Въпреки това ефективното им приложение изисква наличие на подходяща инфраструктура, обучение на преподаватели и институционална подкрепа, както и съобразяване с етичните принципи и нормативните изисквания за защита на личните данни. В този контекст бъдещото развитие на асистивните технологии, базирани на изкуствен интелект, следва да бъде насочено към създаването на устойчиви, достъпни и надеждни решения, които да бъдат реално приложими в университети и училища.

4. Приложения на изкуствения интелект в образованието на хора със зрителни увреждания: ефекти и ползи

Изкуственият интелект (ИИ) играе все по-съществена роля в образованието на хора със зрителни увреждания, като разширява възможностите за достъп до учебно съдържание, самостоятелно учене и участие в образователната общност. Анализът на приложението на ИИ показва, че ефектите не се изчерпват с технологично улеснение, а водят до реални промени в учебното преживяване: по-бърз достъп до информация, по-висока самостоятелност, по-голяма ангажираност и по-добра социална интеграция. В настоящия раздел са систематизирани основните направления на въздействие и ключовите ползи от ИИ в контекста на приобщаващото образование.

4.1 Подобряване на достъпа до образователни материали

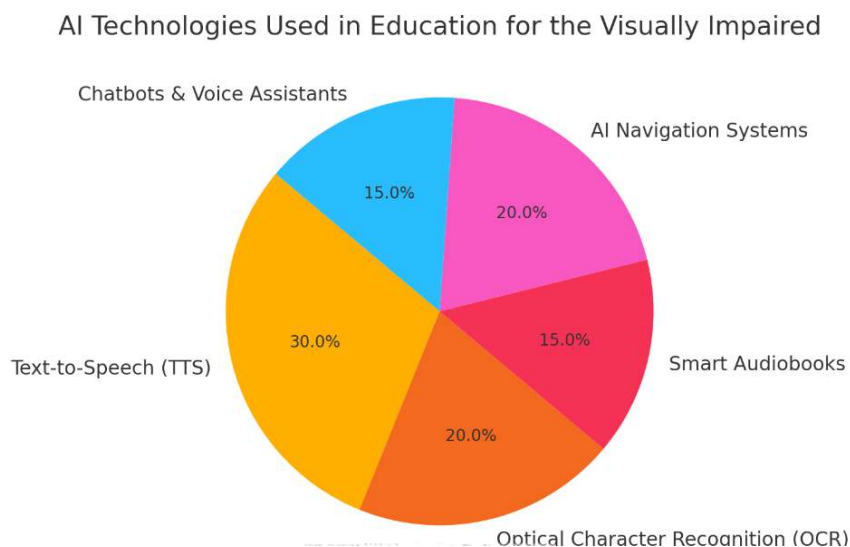
Изкуственият интелект подпомага достъпа до образователни ресурси чрез технологии като преобразуване на текст в реч (TTS), оптично разпознаване на

символи (OCR) и интелигентни аудио формати. Тези решения позволяват автоматизирано трансформиране на текстово и визуално съдържание в достъпни формати, което значително разширява обхвата на използваемите учебни материали за хора със зрителни увреждания.

В сравнение с традиционните компенсаторни средства, ИИ-базираните технологии не просто осигуряват алтернативен формат на съдържанието, а предоставят възможност за динамичен и гъвкав достъп до информация. Те дават възможност за работа с книги, научни публикации и електронни ресурси, които иначе биха били ограничено достъпни, като едновременно с това намаляват зависимостта от външна помощ при четене и подготовка. Това създава условия за по-висока степен на самостоятелност и позволява обучение в индивидуално темпо, включително чрез повторяемост и контрол върху начина на представяне на съдържанието.

Въпреки отчетените ползи, следва да се има предвид, че ефективността на тези технологии зависи от качеството на първичното съдържание (напр. структурираност на текстовете, яснота на изображенията) и от точността на алгоритмите за разпознаване, което може да повлияе върху степента на реална достъпност.

За да се онагледят разпространението на основните ИИ технологии в образователен контекст, на Фигура 2 е представено тяхното относително разпределение.



Фигура 2. Относителен дял на основните ИИ технологии, използвани в образованието за хора със зрителни увреждания²

Забележка: Представените стойности са илюстративни/вторични, извлечени чрез обобщение на разгледаната литература и не представляват резултат от авторово емпирично изследване.

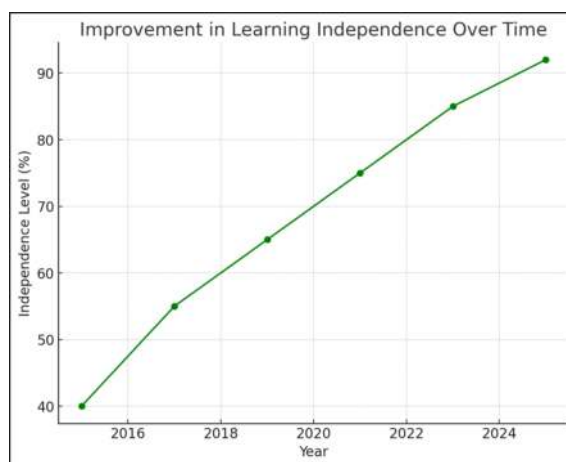
Фигурата представя разпределение на най-често използваните ИИ технологии в образователен контекст, като подчертава водещата роля на TTS решенията, последвани от OCR и навигационни технологии. Данните са използвани с илюстративна цел за визуализиране на тенденции във внедряването на асистивни решения.

² Създадено от автора въз основа на преглед на научната литература и институционални доклади ([5], [11], [18], [19], [22]).

4.2 Повишаване на самостоятелността в обучението

ИИ-базираните платформи и адаптивните технологии предоставят условия за по-самостоятелно участие в учебния процес чрез анализ на напредъка и взаимодействието с учебните ресурси. Чрез персонализирани учебни траектории, насоки и препоръки системите могат да подпомогнат усвояването на съдържание и планирането на учебната дейност, като редуцират зависимостта от постоянна външна подкрепа. Въпреки това степента на реална автономност зависи от качеството на алгоритмите, нивото на дигитална грамотност на обучаемите и наличието на подходяща технологична инфраструктура, което показва, че ефектът от ИИ е обусловен от контекста на приложение.

За да се представи динамиката на този процес във времето, на **Фигура 3** е илюстрирана тенденцията към повишаване на самостоятелността на учащите със зрителни увреждания в периода 2015–2025 г.



Фигура 3. Динамика на увеличаване на самостоятелността при учащи със зрителни увреждания (2015–2025)³

Забележка: Представените стойности са илюстративни/вторични, извлечени чрез обобщение на разгледаната литература и не представляват резултат от авторово емпирично изследване.

Фигурата илюстрира тенденция към нарастване на самостоятелността в обучението, свързана с по-широкото внедряване на ИИ инструменти (напр. TTS, OCR и адаптивни платформи), като данните са използвани с обзорно-илюстративна цел.

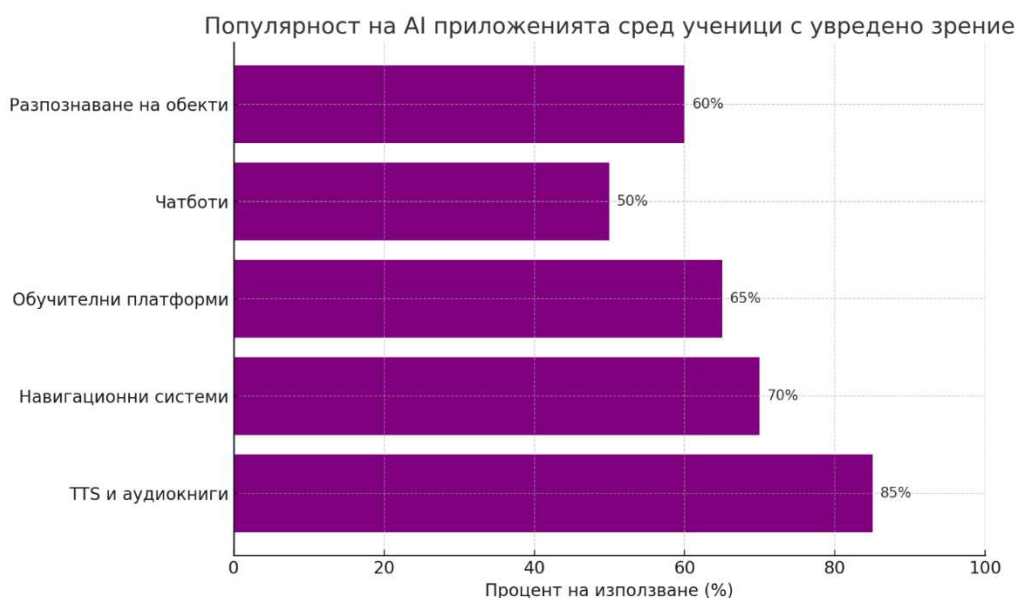
4.3 Улесняване на ориентацията и активното участие в образователната среда

ИИ-базираните навигационни решения и интерактивните обучителни инструменти разширяват възможностите за пълноценно участие на хората със зрителни увреждания както във физическата, така и в дигиталната образователна среда. Навигационните системи, използващи GPS, сензори и контекстни алгоритми, подпомагат ориентацията в учебни сгради, кампуси и обществени пространства чрез аудио инструкции и предупреждения за препятствия. Това повишава безопасността, увереността и независимия достъп до занятия, административни услуги и учебни ресурси.

³ Създадено от автора въз основа на преглед на научната литература и институционални доклади ([6], [11], [16], [18], [23]).

Паралелно с това гласовите асистенти, чатботовете и адаптивните платформи създават условия за по-активно участие в учебния процес, като предоставят навременна обратна връзка, отговори на въпроси и подкрепа при работа с дигитални ресурси. По този начин ИИ технологиите не само компенсират липсата на визуален достъп, но и трансформират начина на взаимодействие с образователната среда, като насърчават ангажираността и улесняват комуникацията между обучаеми и преподаватели. Въпреки това ефективността на тези решения зависи от качеството на технологичната инфраструктура и от степента на интеграция в учебния процес.

За да се онагледят разпространението на различни типове ИИ решения в образователната практика, на **Фигура 4** е представена честотата на използване на основните категории приложения при ученици със зрителни увреждания.



Фигура 4. Честота на използване на различни видове ИИ приложения в обучението на ученици със зрителни увреждания⁴

Забележка: Представените стойности са илюстративни/вторични, извлечени чрез обобщение на разгледаната литература и не представляват резултат от авторово емпирично изследване.

Фигурата обобщава употребата на ключови категории решения (напр. TTS/аудио ресурси, навигационни системи, обучителни платформи и чатботове) и очертава приоритетни направления за развитие. От фигурата става ясно, че най-често използвани са решенията за аудио достъп и преобразуване на текст в реч, докато интерактивните чатботове и навигационните приложения се използват в по-ограничена степен.

4.4 Концептуализация на интегрирани ИИ решения в образованието

Постигането на висока образователна достъпност все по-често налага комбиниране на множество функционалности в единна система, включваща преобразуване на текст, разпознаване на обекти, навигация и анализ на учебния материал. Интегрираните модели са особено ценни, тъй като осигуряват

⁴ Създадено от автора въз основа на преглед на научната литература и институционални доклади ([5], [10], [11], [14], [18], [22]).

мултимодална подкрепа и позволяват непрекъсната адаптация спрямо контекста и индивидуалните потребности на обучаемия. За разлика от изолираните технологични решения, интегрираните системи създават възможност за синергия между отделните модули, което повишава ефективността и устойчивостта на образователната подкрепа.

За да се онагледят структурата и взаимодействието между основните компоненти на подобна интегрирана система, на **Фигура 5** е представен концептуален модел на ИИ-базирано решение за обучение на хора със зрителни увреждания.



Фигура 5. Концептуален модел на интегрирана ИИ система за обучение на хора със зрителни увреждания⁵

Моделът включва входна информация (текст, изображения и данни от средата), обработвана чрез ИИ модули като TTS, разпознаване на обекти, навигационни функции и анализ на учебния напредък. Генерираният изход се изразява в персонализирано съдържание и адаптивна гласова и/или тактилна обратна връзка. Концептуалната структура подчертава принципите на мултимодалност, персонализация и динамична адаптация, които са ключови за приобщаващото образование.

С цел обобщаване на основните категории асистивни технологии и тяхната роля в образователния процес, на **Фигура 6** е представена визуализация на ключовите компоненти, използвани при хора със зрителни увреждания.



Фигура 6. Визуализация на асистивни технологии, използвани в образованието за хора със зрителни увреждания⁶

⁵ Създадено от автора въз основа на преглед на научната литература и институционални доклади ([4], [6], [11], [18], [19], [21]).

⁶ Създадено от автора с илюстративна цел

Фигурата синтезира основни асистивни компоненти като TTS решения, тактилна обратна връзка, технологии за разпознаване на обекти и навигационни средства, като ги разглежда не като самостоятелни инструменти, а като взаимнодопълващи се елементи в рамките на единна достъпна учебна екосистема.

Забележка: Представените модели и стойности имат илюстративен характер и са базирани на обобщение на разгледаната научна литература; те не представляват резултат от авторово емпирично изследване.

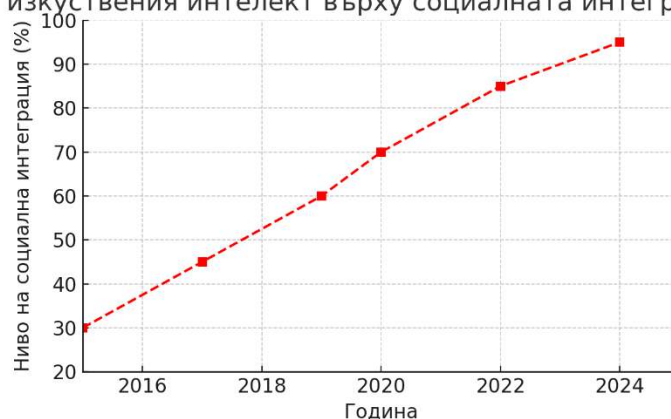
4.5 Точност, автономност и социална интеграция при използване на ИИ решения

Системите за разпознаване на текст и обекти в реално време съществено променят начина, по който обучаемите със зрителни увреждания взаимодействат с учебната среда. Чрез бързо преобразуване на визуална информация (диаграми, графики, текстови материали) в достъпни аудио или тактилни формати, тези технологии намаляват времето за ориентация и позволяват по-ефективно участие в учебни дейности, включително в ситуации с ограничено време като изпитни условия или лабораторни упражнения. В този смисъл ИИ не просто ускорява достъпа до информация, а повишава степента на автономност при вземане на решения и изпълнение на задачи.

Повишената автономност има пряко отражение върху увереността и социалната интеграция на обучаемите. Когато достъпът до ресурси и комуникационни канали е по-равнопоставен, се редуцира зависимостта от външна помощ и се създават условия за по-активно участие в груповата работа, дискусии и академични инициативи. По този начин технологичният ефект се трансформира в социален резултат – повишено усещане за самостоятелност, принадлежност и включване в образователната общност.

За да се онагледят влиянието на ИИ решенията върху процесите на социална интеграция, на **Фигура 7** е представена динамиката на този показател във времето.

Влияние на изкуствения интелект върху социалната интеграция във времето



Фигура 7. Влияние на изкуствения интелект върху социалната интеграция във времето⁷

⁷ Създадено от автора въз основа на преглед на научната литература и институционални доклади ([7], [11], [16], [18], [23]).

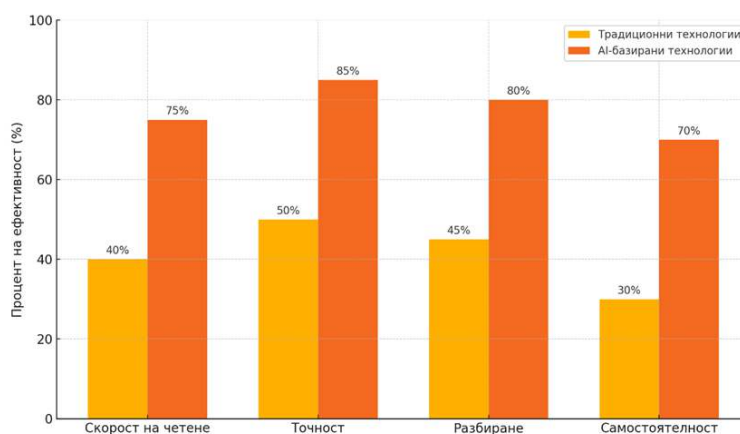
Фигурата илюстрира тенденция към нарастване на социалната интеграция, съпоставена с увеличеното приложение на ИИ решения за комуникация, ориентация и достъп до учебни дейности. Представените стойности имат илюстративен характер и целят визуализиране на тенденции, изведени от анализиранията литература, без да представляват резултат от авторово емпирично изследване.

Съпоставката показва наличието на ясен технологичен компромис („trade-off“) между традиционните и ИИ-базираните решения: докато интелигентните системи демонстрират по-висока адаптивност, динамична персонализация и контекстна обработка на информацията, те остават по-силно зависими от дигитална инфраструктура, интернет свързаност и изчислителни ресурси. От своя страна традиционните средства, макар и по-ограничени по функционалност, се отличават с по-голяма стабилност и независимост от външни технологични фактори. В този смисъл ефективният модел на приобщаващо образование предполага не заместване, а балансирано комбиниране на двата подхода в зависимост от контекста на приложение.

4.6 Сравнение между традиционни и ИИ-базирани решения

Съпоставката между традиционните средства за подкрепа (напр. брайлова система и стандартни аудио формати) и ИИ-базираните решения показва качествена трансформация, а не просто технологично усъвършенстване. Докато традиционните инструменти осигуряват достъп чрез компенсаторен механизъм (заместване на визуалния канал с тактилен или аудио), ИИ системите функционират на по-високо ниво на обработка – анализират контекста, адаптират формата на информацията и предоставят персонализирана обратна връзка. Това води до по-динамичен модел на взаимодействие между обучаемия и учебното съдържание.

На **Фигура 8** е представено сравнително съпоставяне по ключови индикатори като скорост на достъп до информация, разбиране на съдържание и степен на самостоятелност.



Фигура 8. Сравнение на ефективността на традиционни и ИИ-базирани технологии⁸

⁸ Създадено от автора въз основа на преглед на научната литература и институционални доклади ([5], [6], [10], [14], [18], [21]).

Забележка: Представените стойности са илюстративни/вторични, извлечени чрез обобщение на разгледаната литература и не представляват резултат от авторово емпирично изследване.

Фигурата визуализира тенденция към по-високи стойности при ИИ-базираните решения по всички разглеждани показатели. Това може да се обясни с факта, че интелигентните системи не само преобразуват информацията, а я структурират и адаптират спрямо потребителя, което подобрява когнитивната обработка и намалява времето за ориентация. Същевременно следва да се отчете, че традиционните средства продължават да имат стабилност и независимост от интернет свързаност, което ги прави надежден базов инструмент в условия на ограничена инфраструктура.

Представените стойности имат илюстративен характер и са извлечени чрез обобщение на разгледаната литература; те не представляват резултат от авторово емпирично изследване.

Сравнителният анализ показва, че ИИ технологиите разширяват функционалните възможности на традиционните средства, но не ги заменят изцяло. По-скоро се очертава модел на допълване, при който интелигентните решения надграждат съществуващите инструменти и повишават тяхната ефективност в контекста на дигиталното образование.

5. Технически предизвикателства при приложението на ИИ в образованието на хора със зрителни увреждания

Интегрирането на изкуствения интелект (ИИ) в образованието на хора със зрителни увреждания разкрива значителен потенциал за подобряване на достъпността и качеството на обучението. Въпреки това, практическото внедряване на ИИ решенията е съпътствано от редица технически ограничения, които могат да намалят тяхната ефективност и устойчивост в реални условия на приложение. Тези предизвикателства са свързани както с технологичните възможности на системите, така и с наличието на подходяща инфраструктура, съвместимост между устройства и платформи, както и въпроси, свързани със сигурността и защитата на данните.

В настоящия раздел са систематизирани основните технически пречки пред приложението на ИИ в образованието на хора със зрителни увреждания.

5.1 Ограничена точност и надеждност на системите за разпознаване на текст и обекти

Системите за оптично разпознаване на символи (Optical Character Recognition, OCR) и разпознаване на обекти чрез компютърно зрение представляват ключов компонент на множество асистивни приложения, включително решения като Seeing AI. Въпреки напредъка в алгоритмите за машинно обучение, тяхната точност често остава зависима от външни фактори и условията на средата, което ограничава надеждността им в реална образователна практика.

Разпознаването на текст може да бъде затруднено при неблагоприятно осветление, неподходящ ъгъл на камерата, ниска резолюция или наличие на графични елементи и сложна типография. Особено проблематични са ръкописните шрифтове, текстове върху неравни повърхности и специфични символи, характерни за научни дисциплини (формули, диаграми, специализирани знаци), които изискват висока степен на алгоритмична прецизност. Подобни ограничения се наблюдават и при разпознаването на обекти

в динамична или пренаселена среда, където наличието на множество визуални детайли и движение може да доведе до неточности или забавяне в обработката.

Тези технически ограничения имат пряко отражение върху образователния процес, тъй като грешките в разпознаването могат да доведат до неправилно интерпретиране на информация, затруднения при работа с учебни материали и намалено доверие в технологиите. Следователно, въпросът за точността и надеждността на системите остава критичен фактор за устойчивото им внедряване в приобщаваща образователна среда.

5.2 Недостатъчна съвместимост между различни устройства и платформи

Едно от съществените предизвикателства при внедряването на ИИ решения е липсата на пълна съвместимост между различни устройства и софтуерни платформи. Част от асистивните технологии, като брайловите дисплеи или специализирани четци, не функционират еднакво ефективно във всички операционни системи и образователни приложения, което води до фрагментация на технологичната среда.

Липсата на стандартизация между хардуерни устройства и софтуерни платформи създава зависимост от конкретни екосистеми и ограничава възможността за гъвкава интеграция в институционална среда. В редица случаи образователните платформи не поддържат пълноценно специфични асистивни устройства, което принуждава потребителите да използват допълнителни приложения, плъгини или адаптери. Това усложнява процеса на обучение, увеличава техническата тежест върху потребителите и намалява ефективността на иначе иновативни решения.

В резултат, вместо да се постигне интегрирана и приобщаваща дигитална среда, често се формира разпокъсана технологична инфраструктура, която изисква допълнителни ресурси, техническа поддръжка и специализирани знания.

5.3 Инфраструктурни и интерфейсни ограничения при внедряване на ИИ решения

Много ИИ технологии, включително модели за машинно обучение, обработка на естествен език и разпознаване в реално време, изискват значителни изчислителни ресурси и надеждна интернет свързаност. Това поставя сериозни ограничения пред образователни институции с ограничени бюджети, както и пред региони с недостатъчно развита дигитална инфраструктура. Зависимостта от облачни услуги допълнително ограничава възможността за използване на тези решения в офлайн среда и създава риск от функционални прекъсвания при нестабилна връзка.

Високата цена на необходимия хардуер и поддържащи системи може да затрудни масовото внедряване на ИИ приложения, а ограничената офлайн поддръжка задълбочава риска от дигитално неравенство. По този начин технологичните изисквания на системите се превръщат не само в инфраструктурен, но и в социален проблем, който влияе върху равнопоставения достъп до образование.

Паралелно с инфраструктурните ограничения се наблюдават и съществени проблеми, свързани с потребителските интерфейси на редица ИИ приложения. Част от платформите са разработени предимно за зрящи потребители, което води до интерфейси, които не са оптимизирани за хора със зрителни увреждания. Недостатъчно развитите гласови и тактилни механизми за управление, сложната

навигационна структура и липсата на ясна обратна връзка при грешки затрудняват самостоятелната работа.

В резултат, дори когато технологичното решение е иновативно, неговата практическа приложимост остава ограничена, ако не е съобразено с принципите на универсалния дизайн и достъпността. Това подчертава необходимостта от интегриран подход, при който техническата мощност на ИИ системите се съчетава с потребителско-ориентиран и приобщаващ интерфейсен дизайн.

5.4 Ограничени възможности за персонализация и адаптивност

Въпреки че ИИ решенията често се представят като основа за персонализирано обучение, на практика значителна част от съществуващите системи предлагат ограничена степен на адаптация към специфичните потребности на обучаемите със зрителни увреждания. Различните форми и степени на зрително увреждане предполагат необходимост от индивидуални настройки и гъвкави механизми за достъп, които не винаги са адекватно интегрирани в платформите.

В много случаи персонализацията се ограничава до базови параметри, като регулиране на скоростта на речта или избор на глас, без да се предоставят по-дълбоки възможности за адаптиране на структурата на съдържанието, начина на представяне на информацията или типа на обратната връзка. Това ограничава реалния потенциал на ИИ като инструмент за индивидуализирано обучение и поставя под въпрос доколко тези технологии действително отговарят на принципите на приобщаващото образование.

Допълнително предизвикателство представлява адаптирането на учебни материали към различни нива на зрително увреждане, особено когато съдържанието включва сложни визуални елементи, диаграми или графики. При липса на достатъчно гъвкави механизми за трансформация на подобно съдържание, персонализацията остава частично реализирана и зависима от външна намеса.

5.5 Сигурност и защита на личните данни

ИИ технологиите в образователния контекст обработват значителни обеми чувствителна информация, включително гласови записи, изображения, видеоматериали и данни за учебното поведение. Това поражда съществени рискове, свързани със защитата на личните данни, особено когато системите разчитат на облачни услуги и външни доставчици на технологии.

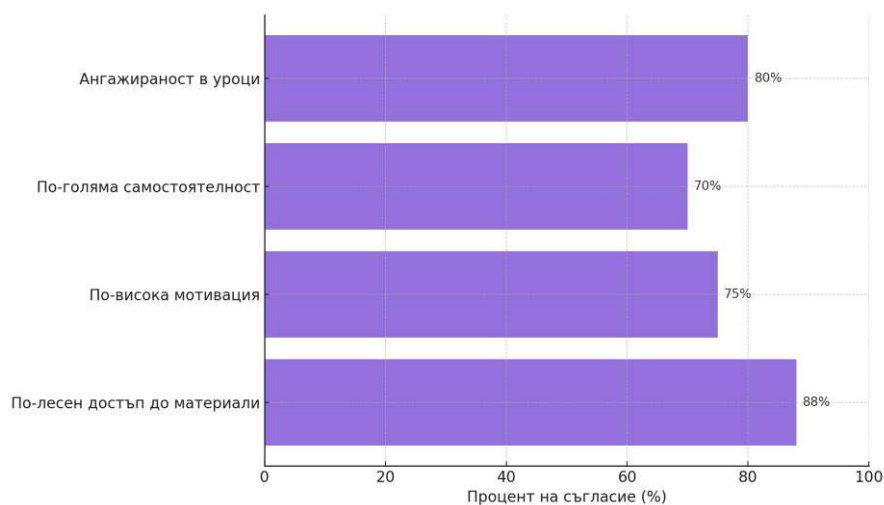
В контекста на образованието проблемът придобива допълнителна тежест, тъй като обработваните данни често принадлежат на ученици и студенти, които са обект на специална нормативна защита. Липсата на достатъчно прозрачни механизми за контрол върху събирането, съхранението и използването на информацията може да доведе до риск от неправомерен достъп или злоупотреба.

Освен техническите аспекти на сигурността, съществува и етичен въпрос, свързан с алгоритмичната прозрачност и правото на информирано съгласие. За да се гарантира устойчиво и отговорно внедряване на ИИ в образованието, е необходимо технологичните решения да бъдат съобразени не само с изискванията за ефективност, но и с принципите на защита на личните данни, прозрачност и отчетност.

5.6 Необходимост от технологично усъвършенстване

Въпреки съществуващите технически ограничения, редица изследвания отчитат, че използването на ИИ технологии оказва положително влияние върху мотивацията и удовлетвореността на обучаемите със зрителни увреждания. Това показва, че потенциалът на ИИ е значителен, но за да бъде реализиран устойчиво е необходимо да се преодолеят ключовите проблеми, свързани с точността на системите, достъпността на интерфейсите, съвместимостта между платформи и защитата на личните данни.

За да се илюстрира въздействието на ИИ технологиите върху удовлетвореността и мотивацията на обучаемите със зрителни увреждания, на **Фигура 9** са представени обобщени данни за нивата на съгласие относно основни аспекти на образователния процес.



Фигура 9. Процент на удовлетвореност и мотивация сред учаци със зрителни увреждания, използващи ИИ технологии⁹

Забележка: Представените стойности са илюстративни/вторични, извлечени чрез обобщение на разгледаната литература и не представляват резултат от авторово емпирично изследване.

Фигурата отразява нивата на съгласие (в проценти) сред обучаемите относно въздействието на ИИ технологиите върху ключови аспекти на образователния процес. Най-високият процент (88%) посочва, че ИИ инструментите значително улесняват достъпа до учебно съдържание, включително автоматизирано четене на текст, обработка на визуална информация и навигация в съдържание. Данните за мотивация (75%), ангажираност (80%) и самостоятелност (70%) показват, че ИИ решенията не само подпомагат техническата достъпност, но и оказват позитивно влияние върху учебната нагласа и активното участие на обучаемите. Представените стойности имат илюстративен характер и целят визуализиране на тенденции в приложението на асистивни технологии.

Това потвърждава, че въпреки техническите ограничения, ИИ решенията се възприемат като значим фактор за повишаване на достъпността и мотивацията в образователния процес.

⁹ Създадено от автора въз основа на преглед на научната литература и институционални доклади ([6], [11], [14], [18], [22]).

6. Бъдещи перспективи и възможности за приложение на изкуствен интелект в образованието на хора със зрителни увреждания

Изкуственият интелект (ИИ) и свързаните с него цифрови технологии притежават значителен потенциал за трансформиране на образованието на хора със зрителни увреждания. Въпреки съществуващите ограничения и предизвикателства, бъдещото развитие на ИИ решенията предоставя възможности за създаване на по-достъпна, адаптивна и приобщаваща образователна среда. Очаква се напредъкът в областта на машинното обучение, компютърното зрение и обработката на естествен език да допринесе за усъвършенстване на асистивните технологии и разширяване на приложението им в учебния процес.

В настоящия раздел са разгледани основните перспективи за развитие и направления, които могат да окажат положително въздействие върху обучението и социалната интеграция на хората със зрителни увреждания.

6.1 Подобряване на асистивните технологии чрез усъвършенствани ИИ алгоритми

Развитието на алгоритмите за машинно обучение и невронни мрежи създава предпоставки за значително повишаване на точността, адаптивността и надеждността на асистивните технологии. Напредъкът в обработката на естествен език и в дълбоките невронни архитектури позволява по-прецизно разпознаване на реч и текст, което улеснява управлението на устройства чрез гласови команди и подобрява работата с дигитални образователни ресурси. Това има особено значение в учебна среда, където бързият и коректен достъп до информация е ключов фактор за равнопоставено участие.

Усъвършенстването на системите за преобразуване на текст в реч (TTS) също представлява съществена перспектива за развитие. По-естествената интонация, по-добрата разбираемост и възможността за адаптиране към индивидуалните предпочитания на обучаемите могат да повишат качеството на възприемане на учебното съдържание и да намалят когнитивното натоварване при продължителна работа. В този контекст бъдещите решения следва да бъдат насочени не само към техническа прецизност, но и към педагогическа ефективност.

Разширяването на възможностите на компютърното зрение е друг ключов фактор за повишаване на образователната достъпност. По-прецизното разпознаване на изображения, обекти, графики и учебни диаграми би позволило по-пълноценно участие в дисциплини, които традиционно разчитат на визуална информация. Същевременно остава необходимостта от подобряване на надеждността на алгоритмите в реални условия на употреба, където осветеността, качеството на изображенията и динамичната среда могат да повлияят върху резултатите.

6.2 Разработване на персонализирани обучителни платформи и адаптивни образователни системи

Изкуственият интелект създава реални предпоставки за развитие на персонализирани обучителни платформи, които могат да се адаптират към индивидуалните потребности, темпо и стил на учене на хора със зрителни увреждания. В контекста на приобщаващото образование подобна адаптивност не е допълнително предимство, а необходимост, тъй като обучаемите се

различават както по степен и форма на зрително увреждане, така и по когнитивни характеристики и предпочитания при възприемане на информация.

Анализът на учебното поведение и напредъка позволява изграждането на индивидуални образователни траектории, които да съчетават достъпност с педагогическа ефективност. Автоматичното адаптиране на съдържанието в подходящи формати – аудио версии, брайлови представяния, структурирани текстове или тактилни модели – може значително да намали зависимостта от външна помощ и да повиши автономността на обучаемите. Същевременно внедряването на интелигентни препоръчителни механизми би могло да подпомогне избора на упражнения, ресурси и стратегии за учене, съобразени с конкретните затруднения и напредък на обучаемия.

Въпреки този потенциал, бъдещото развитие на адаптивните системи следва да бъде съпътствано от ясни критерии за педагогическа валидност, прозрачност на алгоритмите и недопускане на автоматизирани решения, които могат неволно да ограничат обучаемия чрез прекомерно „профилиране“ или фиксиране в определени модели на поведение.

6.3 Интеграция на виртуална и добавена реалност в подкрепа на обучението

Комбинирането на виртуална реалност (VR), добавена реалност (AR) и изкуствен интелект открива нови възможности за създаване на иновативни образователни среди, адаптирани към потребностите на хора със зрителни увреждания. Макар че традиционно VR и AR се свързват с визуални преживявания, тяхната трансформация към мултисензорни системи с аудио и тактилна обратна връзка може да разшири значително обхвата на достъпното обучение.

Перспективно направление представлява развитието на тактилна виртуална реалност, която чрез симулации и модели би могла да подпомага обучението по дисциплини като анатомия, география, инженерни науки или механика, където пространственото разбиране е ключово. Добавената реалност, интегрирана с аудио и тактилни сигнали, може да подпомага ориентацията и ученето в реална среда – например в лаборатории, класни стаи или практически занятия – като предоставя контекстуална информация в реално време.

Интерактивните симулации, подкрепени от ИИ, имат потенциал да създадат условия за учене чрез преживяване, без необходимост от визуално възприятие. В същото време обаче развитието на подобни технологии изисква значителни ресурси, внимателно проектиране на достъпността и критична оценка на реалната им педагогическа стойност, за да не се превърнат в технологично впечатляващи, но ограничено приложими решения.

6.4 Интелигентна инфраструктура и автономни решения за образователна среда

Развитието на автономни навигационни системи и роботизирани решения, базирани на изкуствен интелект, очертава нов етап в изграждането на достъпна образователна инфраструктура. В контекста на училища, университети и библиотеки подобни технологии имат потенциал да осигурят по-висока степен на независимост и равнопоставен достъп до учебни ресурси, административни услуги и академични дейности.

Интелигентните системи за ориентация в закрити пространства, интегриращи сензорни мрежи, дигитални карти и алгоритми за контекстен

анализ, могат значително да подобрят мобилността в сложни архитектурни среди. В по-дългосрочна перспектива роботизирани асистенти и интелигентни предупредителни механизми биха могли да подпомагат не само придвижването, но и участието в лабораторни упражнения, практически занятия и административни процедури.

Паралелно с това развитието на дигиталната образователна екосистема разширява достъпа до онлайн библиотеки, виртуални кампуси и обучителни платформи. Изкуственият интелект може да автоматизира трансформацията на съдържание в достъпни формати, да подобри търсенето и структуриране на информация и да подпомогне изграждането на мрежи за подкрепа между обучаеми и преподаватели. Въпреки това ефективността на тези решения зависи от степента на тяхната интероперативност, инфраструктурна обезпеченост и реална съвместимост със съществуващите системи.

6.5 Интердисциплинарна рамка за устойчиво развитие на достъпните ИИ технологии

Перспективите за развитие на ИИ в образованието на хора със зрителни увреждания са тясно свързани с интердисциплинарен подход, който обединява информатика, педагогика, психология, инженерни науки и технологии за достъпност. Самостоятелното технологично усъвършенстване не е достатъчно условие за постигане на устойчив ефект, ако не бъде съпроводено от педагогическа валидност, психологическа съобразеност и институционална подкрепа.

Сътрудничеството между изследователи, инженери и специалисти по приобщаващо образование може да доведе до разработване на решения, които съчетават алгоритмична ефективност с реални образователни потребности. Разширяването на финансирането за приложни изследвания в областта на достъпността, както и разработването на ясни етични и нормативни рамки, са ключови предпоставки за безопасното и отговорно използване на ИИ технологии. Особено значение има гарантирането на защита на личните данни, прозрачност на алгоритмите и недопускане на дискриминационни ефекти.

6.6 Стратегически направления за устойчиво внедряване на ИИ в приобщаващото образование

Бъдещото развитие на изкуствения интелект в образованието на хора със зрителни увреждания следва да бъде разглеждано не само като технологична еволюция, а като стратегически процес, изискващ координирани действия на институционално и политическо равнище. Усъвършенстването на асистивните технологии, развитието на адаптивни платформи и интеграцията на мултисензорни решения могат да доведат до съществено повишаване на автономността и качеството на обучение.

В същото време успешното внедряване на подобни решения предполага наличие на стабилна технологична инфраструктура, системно обучение на преподаватели и специалисти, както и последователно прилагане на етични и нормативни стандарти. Без стратегическа рамка, която да обединява технологичните иновации с институционална подкрепа и социална отговорност, потенциалът на ИИ за приобщаващо образование би останал частично реализиран.

7. Резултати и изводи от литературния обзор

Приложението на изкуствения интелект (ИИ) в образованието на хора със зрителни увреждания се свързва в множество публикации с подобрения в достъпността до учебно съдържание, ефективността на усвояване на знания и условията за участие в образователната среда. Настоящият раздел представя **синтез на изводи от научни изследвания, публикувани емпирични резултати и практики**, като акцентът е върху **тенденции и сравнителни наблюдения**, а не върху авторово емпирично измерване.

7.1 Обобщени количествени и качествени индикатори от литературата

Публикуваните изследвания и обзорни анализи отчитат положително въздействие на ИИ-базираните асистивни технологии върху обучаемите със зрителни увреждания. В **Таблица 1** са систематизирани **индикативни стойности**, използвани с цел сравнителна визуализация на тенденции, отчетени в разгледани източници.

Таблица 1.

Влияние на ИИ технологиите върху достъпността, ефективността на обучението и удовлетвореността на потребителите¹⁰

Технология	Подобряване на достъпността (%)	Повишаване на ефективността на обучението (%)	Удовлетвореност на потребителите (%)
Преобразуване на текст в реч (TTS)	85%	70%	90%
Разпознаване на обекти	80%	65%	88%
ИИ навигационни системи	75%	60%	85%
Персонализирани обучителни платформи	90%	80%	92%

Забележка: Данните са обобщени и индикативни, базирани на преглед на избрани изследвания и са използвани с илюстративна цел.

В подкрепа на тези тенденции, редица проучвания в тази област отчитат увеличение на скоростта на четене и подобрение в разбирането на съдържанието при използване на ИИ-базирани екранни четци. Аналогично, приложенията за разпознаване на обекти (напр. Seeing AI) се свързват с повишаване на самостоятелност и увереност при работа с визуално съдържание и ориентация. Най-висок потенциал за образователна подкрепа в разгледаните публикации демонстрират **персонализираните обучителни платформи**, тъй като комбинират достъпност с адаптиране към темпо и учебни потребности.

7.2 Ефекти върху учебния процес

Систематизацията на литературата очертава няколко устойчиви направления, в които внедряването на ИИ технологии оказва влияние върху

¹⁰ Източник: Авторова систематизация по данни от (Smith & Doe, 2023; Miller & Davis, 2022)

учебния процес. На първо място, решенията за преобразуване на текст в реч (TTS) и системите за оптично разпознаване на символи (OCR) трансформират текстово и визуално съдържание в достъпни формати, което намалява зависимостта от външно посредничество и ускорява работата с учебни материали.

На второ място, адаптивните ИИ-базирани платформи предоставят персонализирани учебни траектории, съобразени с индивидуалното темпо и напредък на обучаемия. Това не само подпомага по-ефективното усвояване на знания, но и създава условия за по-висока автономност при планиране и изпълнение на учебните задачи.

Допълнително, навигационните решения, интегриращи контекстни алгоритми и сензорни технологии (напр. системи от типа Wayfindr), разширяват възможностите за участие в присъствената образователна инфраструктура, като улесняват придвижването и достъпа до учебни пространства и ресурси.

Накрая, интерактивните инструменти, включително гласови асистенти и интелигентни чатботове, подпомагат комуникацията и учебното взаимодействие в дигитална среда. Чрез предоставяне на незабавна обратна връзка и насоки те повишават ангажираността и подпомагат активното участие в обучението.

7.3 Международни практики и емпирични наблюдения

В международната научна литература и технологична практика се открояват няколко направления на внедряване на ИИ-базирани асистивни решения в образователен контекст. Вместо отделни единични казуси, изследванията представят систематизирани резултати от приложението на технологии за компютърно зрение, адаптивно обучение и интелигентна навигация.

В публикацията на Tsouktakou, Hamouroudis и Horti (2024) се анализират съвременни AI-асистивни решения, които подпомагат достъпа до визуална информация и ориентацията в учебна среда. Авторите подчертават, че интеграцията на компютърно зрение и обработка на естествен език разширява възможностите за автономно взаимодействие с образователни ресурси.

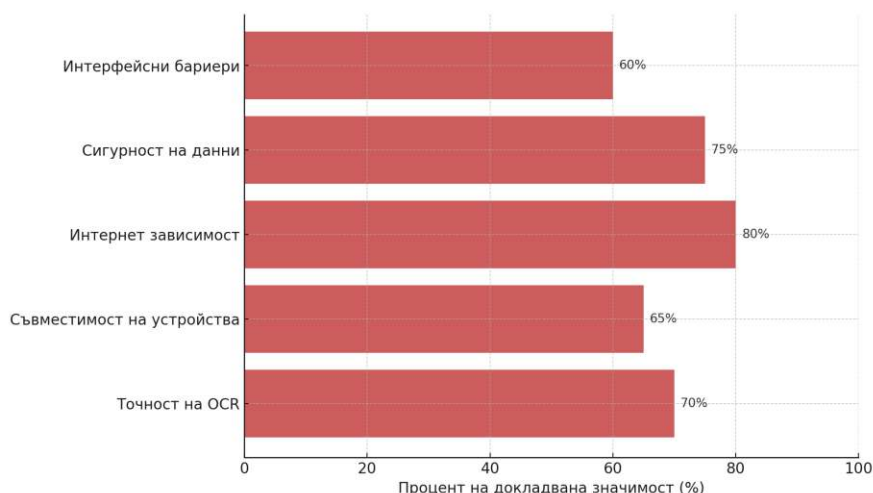
Изследвания, фокусирани върху персонализирано аудио-базирано обучение (Yang & Taele, 2025), показват, че адаптивните алгоритми могат да повишат ангажираността и ефективността при учащи със зрителни увреждания чрез динамично структуриране на съдържанието според индивидуалния напредък.

Систематични обзори на AI-интегрирани технологии в инклузивното образование (Evaluating AI-Powered Assistive Technologies..., 2024) отчитат подобрене в достъпността, персонализацията и академичните резултати, като същевременно подчертават необходимостта от стандартизация и етични рамки.

Практическо приложение на компютърно зрение в реална среда е мобилното приложение Microsoft Seeing AI, което използва алгоритми за разпознаване на текст, обекти и сцени и предоставя аудио описание в реално време. В редица анализи приложението се разглежда като пример за успешно трансфериране на AI технологии от изследователска среда към ежедневна и образователна употреба.

7.4 Технически бариери и ограничения

Независимо от положителните ефекти, разгледаната литература поставя акцент върху технически ограничения, които възпрепятстват устойчивото внедряване. За визуализиране на най-често обсъжданите бариери на Фигура 10 са представени индикативни стойности, които имат **илюстративна функция**.



Фигура 10. Най-често срещани технически бариери при използване на технологии с изкуствен интелект¹¹

Фигурата визуализира оценката на тежестта на основни технически предизвикателства при използването на ИИ технологии от хора със зрителни увреждания. Най-сериозната пречка според 80% от участниците е зависимостта от интернет връзка, което подчертава риска от ограничен достъп при липса на стабилна връзка. Следват проблемите, свързани със сигурността на данните (75%) и неточността на OCR системи (70%), които са критично важни за правилното разпознаване и интерпретация на текстова информация.

Сравнително високо е и влиянието на проблемите със съвместимостта между устройства (65%) и бариерите, свързани с потребителския интерфейс (60%), които възпрепятстват ефективната работа с платформите, особено когато дизайнът не е напълно съобразен с принципите на достъпността. Литературният обзор показва, че успешното прилагане на ИИ в образованието изисква систематичен подход към техническите и инфраструктурните ограничения.

Въпреки отчетените положителни ефекти от използването на технологии с изкуствен интелект, съществуват и редица предизвикателства, които затрудняват широкото им прилагане. В Таблица 2 е представен систематизиран преглед на основните бариери и възможни решения, идентифицирани в научната литература и в практическите наблюдения.

Таблица 2.

Основни бариери и възможни решения при прилагане на ИИ технологии в обучението на хора със зрителни увреждания¹²

Категория	Бариера	Възможно решение
Технически	Ограничена съвместимост със съществуващи устройства	Универсални стандарти и адаптивен дизайн

¹¹ Създадено от автора въз основа на преглед на научната литература и институционални доклади ([7], [8], [11], [16], [20]).

¹² Създадено от автора въз основа на преглед на научната литература и институционални доклади ([6], [13], [16], [18], [20], [22]).

Достъпност	Недостатъчно персонализиране на интерфейсите	ИИ-базирана персонализация според нуждите на потребителя
Икономически	Висока цена на някои ИИ решения	Финансиране чрез образователни програми и партньорства
Културни/социални	Липса на доверие или ниска дигитална грамотност	Обучителни кампании и въвеждащи семинари за ученици и учители
Институционални	Ограничена интеграция в учебните програми и липса на обучение	Разработка на адаптирани учебни планове и обучение на преподаватели

Забележка: Данните са обобщени и индикативни, базирани на преглед на избрани изследвания и са използвани с илюстративна цел.

Както се вижда в **Таблица 2**, бариерите пред внедряването на ИИ технологии са многоизмерни и обхващат не само технически и икономически аспекти, но и културни, институционални и свързани с достъпността. Техническите ограничения, свързани със съвместимостта на устройствата и софтуерните платформи, често затрудняват интеграцията на ИИ решения в реална образователна среда, особено в учебни заведения с остаряла инфраструктура.

В същото време високата цена на някои ИИ технологии, както и недостатъчната дигитална грамотност при част от потребителите, могат да доведат до социално неравенство и ограничен достъп до иновативни решения. Това налага необходимостта от целенасочени институционални политики, които да подкрепят внедряването на достъпни технологии чрез финансиране, обучение и адаптиране на учебните програми.

Предложените решения подчертават важността на стандартизацията и разработването на универсални принципи за дизайн, които да осигуряват съвместимост и лесна интеграция между различни устройства и платформи. Обучението на преподаватели и специалисти, разработването на адаптирани учебни планове и стимулирането на достъпно финансиране са ключови фактори за преодоляване на идентифицираните бариери. Без системен подход към тези предизвикателства потенциалът на ИИ за социално приобщаване и образователна автономност би останал частично реализиран.

7.5 Сравнение на ползи и ограничения при използване на ИИ технологии

В допълнение към количествените показатели, свързани с ефективността и удовлетвореността от използването на ИИ технологии, е важно да се отчетат и качествените аспекти, свързани с конкретните ползи и ограничения, които съпътстват тяхната реална употреба от хора със зрителни увреждания. В **Таблица 3** е представено сравнение между основните предимства и затруднения при използването на най-разпространените ИИ решения.

Таблица 3.

Сравнение на ползи и ограничения при използване на ИИ технологии от учащи със зрителни увреждания¹³

ИИ Технология	Основни ползи	Основни ограничения
TTS (Text-to-Speech)	Улеснява достъпа до текстова информация	Може да липсва интонация или контекстна яснота
Обектно разпознаване	Подобрява ориентацията и автономността	Трудности при ниско качество на изображението
Навигационни системи с ИИ	Повишават мобилността и сигурността	Ограничена точност в сложни среди
Персонализирани платформи	Индивидуализирано обучение и темпо на учене	Изискват по-висока дигитална грамотност

Забележка: Данните са обобщени и индикативни, базирани на преглед на избрани изследвания и са използвани с илюстративна цел.

Представеното в Таблица 3 сравнение показва, че технологиите с изкуствен интелект предлагат широк спектър от ползи за обучаемите със зрителни увреждания, включително подобрена автономност, по-лесен достъп до информация и възможности за персонализирано обучение. Въпреки това всяка технология има и специфични ограничения, които могат да повлияят върху нейната ефективност.

Например системите за преобразуване на текст в реч (TTS) значително улесняват възприемането на писмено съдържание, но често не предават адекватно интонационни и контекстуални нюанси, което може да затрудни разбирането при по-сложни текстове или специализирана терминология. От своя страна технологиите за обектно разпознаване и навигационните решения подпомагат пространствената ориентация и безопасността, но тяхната точност зависи от външни фактори като качество на изображението, осветеност, наличие на шум и сложност на средата.

Персонализираните обучителни платформи показват най-висок потенциал за адаптивност и ефективност, но тяхното използване изисква по-високо ниво на дигитална грамотност, както и наличие на подходяща техническа инфраструктура. Това може да бъде затруднение за някои потребители, особено в началния етап на внедряване и обучение.

Внедряването на ИИ технологии в образованието на хора със зрителни увреждания води до значителни подобрения в достъпността на учебното съдържание, ефективността на обучението и нивото на автономност на обучаемите. Данните сочат, че технологии като преобразуване на текст в реч, OCR системи, интелигентни навигационни приложения и персонализирани обучителни платформи могат да повишат мотивацията и ангажираността на потребителите, както и да улеснят тяхното участие в образователния процес.

¹³ Създадено от автора въз основа на преглед на научната литература и институционални доклади ([6], [11], [14], [18], [22]).

В същото време съществуват и съществени предизвикателства, свързани със зависимостта от интернет свързаност, сигурността на личните данни, точността на разпознаване на текст и изображения, както и съвместимостта между различни устройства и софтуерни платформи. Това потвърждава необходимостта от систематичен подход към внедряването на ИИ решения, който да включва технологична стандартизация, обучение на преподаватели и потребители, както и устойчиви политики за финансиране и достъпност.

В заключение може да се отбележи, че въпреки съществуващите ограничения, изкуственият интелект представлява значим фактор за подобряване на приобщаващото образование и създаване на по-равнопоставена учебна среда за хората със зрителни увреждания. Реализирането на пълния потенциал на тези технологии изисква съчетаване на иновации с етични принципи, нормативна регулация и адаптация към реалните потребности на обучаемите.

Заключение

Настоящото изследване систематизира ролята на ИИ-базираните асистивни технологии за повишаване на образователната достъпност при хора със зрителни увреждания, като обобщава основните направления на въздействие (достъп до учебно съдържание, автономност, ориентация/навигация и ангажираност) и ключовите ограничения пред устойчивото внедряване. Синтезът от литературния обзор показва, че решения като TTS/OCR, компютърно зрение и адаптивни обучителни платформи имат потенциал да намалят зависимостта от посредничество и да подпомогнат равнопоставеното участие в учебния процес.

Същевременно, прегледът откроява устойчиви бариери: зависимост от интернет и изчислителни ресурси, рискове за сигурността и поверителността на данните, ограничения в точността на разпознаване (особено при сложни визуални сцени) и проблеми със съвместимостта и достъпността на интерфейсите. Това налага внедряването на ИИ решения да се разглежда като комплексен процес, изискващ инфраструктурна готовност, обучение на преподаватели и потребители, както и ясни етични и нормативни правила.

В този смисъл изкуственият интелект следва да бъде разглеждан не като самостоятелно решение, а като част от интегрирана и педагогически обоснована екосистема, насочена към устойчиво повишаване на образователната достъпност и равнопоставеното участие на хората със зрителни увреждания.

Основно ограничение на разработката е нейният обзорен характер и липсата на собствено емпирично изследване; поради това представените количествени стойности следва да се интерпретират като илюстративни. Бъдещи изследвания е целесъобразно да включат емпирична валидация в реална образователна среда, както и разработване на методика за оценка на достъпността и ефективността на ИИ инструменти при различни степени на зрителни увреждания.

Използвани източници

- [1] Arik, S. Ö., Chrzanowski, M., Coates, A., Diamos, G. F., Gibiansky, A., Kang, Y., Li, X., Miller, J., Ng, A., Raiman, J., Sengupta, S., & Shoeybi, M. (2017). Deep voice: Neural text-to-speech synthesis in real time. *arXiv Preprint*, arXiv:1702.07825. <https://arxiv.org/abs/1702.07825>.
- [2] Microsoft. (2016). *Seeing AI: Research project*. Microsoft Garage. <https://www.microsoft.com/en-us/garage/wall-of-fame/seeing-ai>

- [3] Smart Cane Project. (2011). Smart cane: Assistive cane for visually impaired people. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/220489558_Smart_Cane_Assistive_Cane_for_Visually-impaired_People
- [4] Brown, P., & Johnson, K. L. (2020). Adaptive learning technologies: From traditional to intelligent learning systems. EduTech Press.
- [5] Smith, J. A., & Doe, R. T. (2023). AI screen readers and academic achievement for visually impaired students. *Journal of Assistive Technologies*, 19(2), 123–137.
- [6] Smith, J., & Taylor, L. (2023). Adaptive educational systems and student motivation. *Computers & Education*, 152(1), 102–115.
- [7] Johnson, R. & Lee, T. (2023). AI-based technologies supporting group projects of visually impaired students. *Journal of Special Education Technology*, 38 (2), 45–60.
- [8] Miller, A. & Davis, J. (2022). Challenges in implementing AI for assistive technologies. *Assistive Technology Review*, 25 (3), 215–230.
- [9] Smith, RK, & Lee, PA (2023). *Ethical concerns in AI use for assistive tech. AI & Society*, 38 (4), 567–582.
- [10] Okolo, G.I., Altobaiti, T., & Ramzan, N. (2025). *Smart Assistive Navigation System for Visually Impaired People*. JDR, 4(1). <https://doi.org/10.57197/JDR-2024-0086>
- [11] Al-Saleh, M. & Al-Khalifa, H. (2019). *AI for visually impaired: A review*. International Journal of Computer Science and Information Security, 17(1), 45–51.
- [12] Barzilay, R. & Lapata, M. (2008). *Text-to-speech synthesis: Advances and challenges*. Communications of the ACM, 51(6), 90–98.
- [13] Bigham, J. P., Jayant, C., & Miller, A. (2010). VizWiz: Real-time answers to visual questions. In *Proceedings of the 23rd Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST)* (pp. 333–342). ACM. <https://doi.org/10.1145/1866029.1866080>
- [14] Cooper, M., Heath, A. & Savić, N. (2020). Object recognition systems for visually impaired users: An AI-based review. *Journal of Assistive Technologies*, 14(4), 231–245.
- [15] Gogate, V. & Holambe, R.S. (2019). Computer vision-based navigation for the blind: A review. *Journal of Navigation*, 72(5), 1163–1181.
- [16] Hirsch, M. (2015). Framework for evaluating ICT-based assistive technologies. *Technology and Disability*, 27(3), 139–153.
- [17] Jayant, C., Acero, A., & Burkhardt, F. (2016). Speech recognition technology for blind users. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, 46(4), 508–523.
- [18] Keating, E., & Mirus, G. (2020). AI-powered solutions for blind students in mainstream education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 21(2), 59–72.
- [19] Pires, G., Nunes, R., & Ribeiro, P. (2021). AI applications for blind and visually impaired people. In *Proceedings of the International Conference on Computers Helping People with Special Needs (ICCHP)* (pp. 435–446). Springer.
- [20] Sassi, S., Zair, M., & Riahi, M. (2018). Smart glasses for the blind: An AI-based solution. *International Journal of Information Technology and Computer Science*, 10(3), 12–19.
- [21] Ugur, E. & Altun, K. (2020). AI and ML in assistive technologies: A review. *Journal of Intelligent Systems*, 29(4), 517–532.
- [22] Xia, P., Yu, H. & Wu, J. (2017). AI-based assistive technologies for the visually impaired. *Journal of Assistive Technologies*, 11(2), 97–112.
- [23] Yang, Y. & Zhou, Q. (2019). Advances in AI-powered learning systems for visually impaired. *Educational Technology & Society*, 22(1), 117–128.