



INTERNATIONAL JOURNAL OF CREATIVE RESEARCH THOUGHTS (IJCRT)

An International Open Access, Peer-reviewed, Refereed Journal

श्रवण बाधिता के क्षेत्र में कृत्रिम बुद्धिमत्ता द्वारा शिक्षा, पुनर्वास एवं समावेशन की उभरती संभावनाएँ

दानवीर गौतम ¹, कमल कुमार ², डॉ० कौशल शर्मा ³

¹असि० प्रोफेसर (अतिथि व्याख्याता, बौद्धिक अक्षमता विभाग), विशेष शिक्षा संकाय, डी०एस०एम०एन०आर० विश्वविद्यालय, लखनऊ

²असि० प्रोफेसर (अतिथि व्याख्याता, श्रवण बाधितार्थ विभाग), विशेष शिक्षा संकाय, डी०एस०एम०एन०आर० विश्वविद्यालय, लखनऊ

³एसोसिएट प्रोफेसर, श्रवण बाधितार्थ विभाग और संकायाध्यक्ष, विशेष शिक्षा संकाय, डी०एस०एम०एन०आर० विश्वविद्यालय, लखनऊ

सार संक्षेप

वर्तमान डिजिटल युग में कृत्रिम बुद्धिमत्ता शिक्षा, स्वास्थ्य, संचार तथा पुनर्वास के क्षेत्र में तीव्र गति से परिवर्तन ला रही है। विशेष रूप से श्रवण बाधिता के क्षेत्र में कृत्रिम बुद्धिमत्ता आधारित तकनीकों ने शिक्षण-अधिगम प्रक्रिया को अधिक सुलभ, प्रभावी एवं समावेशी बनाने की नई संभावनाएँ प्रस्तुत की हैं। यह समीक्षा लेख श्रवण बाधित व्यक्तियों की शिक्षा, पुनर्वास एवं सामाजिक समावेशन में कृत्रिम बुद्धिमत्ता की भूमिका का समग्र विश्लेषण प्रस्तुत करता है। अध्ययन का उद्देश्य कृत्रिम बुद्धिमत्ता आधारित शिक्षण उपकरणों, सहायक प्रौद्योगिकियों, पुनर्वास सेवाओं तथा समावेशी शैक्षिक उपायों की उपयोगिता, प्रभावशीलता, चुनौतियों एवं भविष्य की संभावनाओं का मूल्यांकन करना है। इस अध्ययन में 2020 से 2020 के मध्य प्रकाशित राष्ट्रीय एवं अंतरराष्ट्रीय शोध लेखों, पुस्तकों, सरकारी नीतियों, यूनेस्को, विश्व स्वास्थ्य संगठन, RPwD, Act 2016 तथा राष्ट्रीय 2020 से संबंधित साहित्य का व्यवस्थित समीक्षा दृष्टिकोण अपनाया गया है। अध्ययन से ज्ञात हुआ कि कृत्रिम बुद्धिमत्ता आधारित स्पीच-टू-टेक्स्ट प्रणाली, रियल-टाइम कैप्शनिंग, स्मार्ट हियरिंग एड्स, कॉविलयर इम्प्लान्ट प्रोग्रामिंग, सांकेतिक भाषा अनुवाद, व्यक्तिगत अधिगम तथा वर्चुअल पुनर्वास जैसी तकनीकें श्रवण बाधित व्यक्तियों की शैक्षिक उपलब्धि, संचार कौशल, आत्मनिर्भरता तथा सामाजिक सहभागिता में महत्वपूर्ण योगदान दे रही हैं। साथ ही डिजिटल असमानता, उच्च लागत, डेटा गोपनीयता, तकनीकी अवसंरचना तथा प्रशिक्षित मानव संसाधन की कमी जैसी चुनौतियाँ भी सामने आईं। कृत्रिम बुद्धिमत्ता का उपयोग समावेशी नीतियों, प्रशिक्षित शिक्षकों, सुलभ डिजिटल संसाधनों एवं प्रभावी पुनर्वास सेवाओं के साथ किया जाए, तो यह श्रवण बाधित व्यक्तियों के शिक्षा, पुनर्वास एवं सामाजिक समावेशन को सशक्त बनाने में अत्यंत महत्वपूर्ण भूमिका निभा सकती है।

कुंजी शब्द : कृत्रिम बुद्धिमत्ता, श्रवण बाधिता, समावेशी शिक्षा, पुनर्वास, सहायक प्रौद्योगिकी, मशीन लर्निंग आदि।

1. प्रस्तावना

श्रवण बाधिता एक ऐसी संवेदी अवस्था है जिसमें व्यक्ति की ध्वनि को सुनने, पहचानने तथा समझने की क्षमता आंशिक या पूर्ण रूप से प्रभावित हो जाती है। यह स्थिति जन्मजात अथवा अर्जित हो सकती है और इसकी तीव्रता हल्की, मध्यम, गंभीर तथा अत्यंत गंभीर स्तर तक हो सकती है। श्रवण बाधिता का प्रभाव केवल श्रवण क्षमता तक सीमित नहीं रहता, बल्कि भाषा एवं वाणी विकास, संप्रेषण कौशल, संज्ञानात्मक विकास, शैक्षिक उपलब्धि, सामाजिक सहभागिता तथा भावनात्मक समायोजन पर भी पड़ता है। विशेष रूप से बाल्यावस्था में समय पर पहचान एवं हस्तक्षेप के अभाव में भाषा अर्जन, अधिगम तथा व्यक्तित्व विकास में दीर्घकालिक कठिनाइयाँ उत्पन्न हो सकती हैं। वर्तमान समय में नवजात श्रवण स्क्रीनिंग, श्रवण यंत्र, कॉविलियर इम्प्लांट, वाक् एवं भाषा चिकित्सा, सांकेतिक भाषा तथा समावेशी शिक्षा जैसी सेवाओं के माध्यम से श्रवण बाधित व्यक्तियों के शैक्षिक एवं सामाजिक विकास को सुदृढ़ किया जा रहा है। इसके अतिरिक्त कृत्रिम बुद्धिमत्ता आधारित तकनीकें, जैसे स्पीच-टू-टेक्स्ट, रियल-टाइम कैप्शनिंग, स्मार्ट श्रवण यंत्र तथा सांकेतिक भाषा पहचान प्रणाली, श्रवण बाधित व्यक्तियों के लिए शिक्षा, संचार एवं पुनर्वास को अधिक प्रभावी, सुलभ एवं समावेशी बना रही हैं। इसलिए श्रवण बाधिता को केवल चिकित्सीय समस्या न मानकर शिक्षा, पुनर्वास, सहायक प्रौद्योगिकी तथा सामाजिक समावेशन से जुड़े एक बहुआयामी विषय के रूप में समझना आवश्यक है। WHO, 2021; NEP, 2020).

विश्व स्वास्थ्य संगठन, 2021 के अनुसार वर्तमान में विश्वभर में लगभग 1.5 अरब लोग किसी न किसी स्तर की श्रवण हानि से प्रभावित हैं, जिनमें से 430 मिलियन से अधिक व्यक्तियों को पुनर्वास सेवाओं की आवश्यकता है। अनुमान है कि वर्ष 2050 तक यह संख्या बढ़कर 2.5 अरब हो जाएगी तथा 700 मिलियन से अधिक लोगों को श्रवण पुनर्वास सेवाओं की आवश्यकता होगी। श्रवण बाधिता का प्रभाव केवल स्वास्थ्य तक सीमित नहीं है, बल्कि यह शिक्षा, रोजगार, संचार, सामाजिक सहभागिता और आर्थिक उत्पादकता को भी प्रभावित करती है, जिसके कारण वैश्विक अर्थव्यवस्था पर प्रतिवर्ष लगभग एक ट्रिलियन अमेरिकी डॉलर का आर्थिक बोझ पड़ता है (WHO, 2021)। भारतीय परिप्रेक्ष्य में श्रवण बाधिता समावेशी शिक्षा एवं पुनर्वास के क्षेत्र की एक महत्वपूर्ण चुनौती है। भारत सरकार ने दिव्यांगजन अधिकार अधिनियम, 2016 तथा राष्ट्रीय शिक्षा नीति, 2020 के माध्यम से श्रवण बाधित विद्यार्थियों के लिए समान शैक्षिक अवसर, सहायक प्रौद्योगिकी, भारतीय सांकेतिक भाषा, डिजिटल शिक्षण संसाधनों तथा समावेशी शिक्षा को बढ़ावा देने पर विशेष बल दिया है। इसके अतिरिक्त समग्र शिक्षा अभियान, राष्ट्रीय मुक्त विद्यालयी शिक्षा संस्थान, भारतीय सांकेतिक भाषा अनुसंधान एवं प्रशिक्षण केंद्र तथा विभिन्न पुनर्वास संस्थानों द्वारा गुणवत्तापूर्ण शिक्षा एवं पुनर्वास सेवाओं के विस्तार के लिए निरंतर प्रयास किए जा रहे हैं। तथापि, प्रशिक्षित विशेष शिक्षकों की कमी, ग्रामीण क्षेत्रों में सीमित सेवाएँ, सहायक प्रौद्योगिकियों की उच्च लागत, डिजिटल असमानता तथा जागरूकता का अभाव अभी भी प्रभावी समावेशन के मार्ग में प्रमुख चुनौतियाँ बने हुए हैं। (Ministry of Education, 2020' (WHO, 2021)।

कृत्रिम बुद्धिमत्ता कंप्यूटर विज्ञान की एक उन्नत शाखा है, जिसके अंतर्गत ऐसी बुद्धिमान प्रणालियों का विकास किया जाता है जो मानव की भाँति सीखने, तर्क करने, निर्णय लेने, समस्या-समाधान तथा अनुभव के आधार पर स्वयं में सुधार करने की क्षमता रखती हैं। मशीन लर्निंग, डीप लर्निंग, प्राकृतिक भाषा संसाधन, कंप्यूटर विज्ञान तथा जनरेटिव एआई जैसी तकनीकों ने शिक्षा, स्वास्थ्य एवं पुनर्वास के क्षेत्र में व्यापक परिवर्तन किए हैं। विशेष रूप से श्रवण बाधिता के क्षेत्र में कृत्रिम बुद्धिमत्ता आधारित तकनीकें, जैसे स्पीच-टू-टेक्स्ट, रियल-टाइम कैप्शनिंग, स्वचालित सांकेतिक भाषा पहचान, स्मार्ट हियरिंग एड, एआई-सक्षम कॉविलियर इम्प्लांट, वर्चुअल शिक्षण सहायक तथा वैयक्तिकृत अधिगम प्रणालियाँ, श्रवण बाधित विद्यार्थियों के लिए शिक्षा, संचार एवं पुनर्वास को अधिक सुलभ, प्रभावी और समावेशी बना रही हैं। इसके अतिरिक्त, एआई शिक्षकों को विद्यार्थियों की अधिगम आवश्यकताओं का विश्लेषण करने, व्यक्तिगत शिक्षण योजनाएँ तैयार करने तथा सीखने की प्रगति

का निरंतर मूल्यांकन करने में भी सहायता प्रदान करती है। UNESCO 2021 के अनुसार शिक्षा में कृत्रिम बुद्धिमत्ता का उद्देश्य केवल तकनीकी नवाचार को बढ़ावा देना नहीं है, बल्कि समानता, समावेशन, गुणवत्तापूर्ण शिक्षा तथा सभी शिक्षार्थियों के लिए सीखने के समान अवसर सुनिश्चित करना भी है। इसलिए वर्तमान समय में कृत्रिम बुद्धिमत्ता को श्रवण बाधिता के क्षेत्र में शिक्षा, पुनर्वास एवं सामाजिक समावेशन को सशक्त बनाने वाली एक परिवर्तनकारी तकनीक के रूप में देखा जा रहा है।

वर्तमान डिजिटल युग में कृत्रिम बुद्धिमत्ता शिक्षा, स्वास्थ्य, पुनर्वास एवं सहायक प्रौद्योगिकी के क्षेत्र में तीव्र गति से परिवर्तन ला रही है। विशेष रूप से श्रवण बाधिता के क्षेत्र में एआई आधारित तकनीकों, जैसे स्पीच-टू-टेक्स्ट, रियल-टाइम कैप्शनिंग, स्मार्ट हियरिंग एड, सांकेतिक भाषा पहचान प्रणाली तथा वैयक्तिकृत अधिगम प्लेटफॉर्म, ने शिक्षण-अधिगम, संचार एवं पुनर्वास की प्रभावशीलता को बढ़ाने की नई संभावनाएँ प्रस्तुत की हैं। इसके बावजूद, भारतीय संदर्भ में श्रवण बाधिता के क्षेत्र में कृत्रिम बुद्धिमत्ता के शैक्षिक, पुनर्वासात्मक एवं समावेशी अनुप्रयोगों पर उपलब्ध हिंदी साहित्य अपेक्षाकृत सीमित है। साथ ही, एआई के उपयोग से संबंधित डेटा गोपनीयता, नैतिकता, डिजिटल समानता, तकनीकी पहुँच, प्रशिक्षित मानव संसाधन तथा संसाधनों की उपलब्धता जैसी चुनौतियों का समुचित अध्ययन भी आवश्यक है। राष्ट्रीय शिक्षा नीति 2020 (NEP 2020) तथा UNESCO द्वारा समावेशी, गुणवत्तापूर्ण एवं प्रौद्योगिकी-सक्षम शिक्षा पर दिए गए विशेष बल के संदर्भ में इस विषय का महत्व और भी बढ़ जाता है। इसलिए यह अध्ययन श्रवण बाधिता के क्षेत्र में कृत्रिम बुद्धिमत्ता की वर्तमान भूमिका, शिक्षा, पुनर्वास एवं समावेशन में उसके अनुप्रयोगों, संभावनाओं तथा चुनौतियों का समग्र विश्लेषण प्रस्तुत करने का प्रयास करता है। यह अध्ययन विशेष शिक्षकों, सामान्य शिक्षकों, शोधार्थियों, पुनर्वास विशेषज्ञों, नीति-निर्माताओं तथा दिव्यांग शिक्षा के क्षेत्र में कार्यरत संस्थाओं के लिए उपयोगी मार्गदर्शक एवं संदर्भ सामग्री प्रदान करेगा।

2. श्रवण बाधिता की अवधारणा एवं वर्गीकरण

श्रवण बाधिता से अभिप्राय ऐसी अवस्था से है जिसमें व्यक्ति की ध्वनि को सुनने, पहचानने अथवा समझने की क्षमता आंशिक या पूर्ण रूप से प्रभावित हो जाती है। यह स्थिति जन्मजात अथवा अर्जित हो सकती है तथा इसकी गंभीरता हल्की, मध्यम, गंभीर और अत्यंत गंभीर स्तर तक हो सकती है। श्रवण बाधिता का प्रभाव केवल सुनने की क्षमता तक सीमित नहीं रहता, बल्कि भाषा विकास, वाणी, संप्रेषण कौशल, शैक्षिक उपलब्धि, सामाजिक सहभागिता तथा भावनात्मक विकास पर भी पड़ता है। विश्व स्वास्थ्य संगठन (WHO, 2021) के अनुसार, वह व्यक्ति जिसकी श्रवण क्षमता सामान्य स्तर से कम हो और जिसे दैनिक जीवन में संचार के लिए अतिरिक्त सहायता, श्रवण यंत्र या अन्य सहायक तकनीकों की आवश्यकता हो, श्रवण बाधिता की श्रेणी में आता है। भारतीय दिव्यांगजन अधिकार अधिनियम, के अनुसार, श्रवण बाधिता में बहरेपन तथा कम सुनने जैसी दोनों अवस्थाएँ सम्मिलित हैं। बहरेपन सामान्यतः 70 डेसिबल (dB) या उससे अधिक की श्रवण हानि को दर्शाता है, जबकि कम सुनने वाले व्यक्ति में श्रवण हानि कम या मध्यम स्तर की होती है और वह श्रवण यंत्र या अन्य सहायक साधनों की सहायता से संचार करने में सक्षम हो सकता है। वर्तमान समय में प्रारम्भिक पहचान, उपयुक्त चिकित्सकीय हस्तक्षेप, श्रवण सहायक उपकरण, सांकेतिक भाषा, वाक् एवं भाषा चिकित्सा तथा समावेशी शिक्षा के माध्यम से श्रवण बाधित व्यक्तियों के शैक्षिक एवं सामाजिक विकास को प्रभावी रूप से सुदृढ़ किया जा सकता है (WHO, 2021; RPwD Act, 2016)।

श्रवण बाधिता के प्रकार एवं स्तर

श्रवण बाधिता को उसके कारण, स्थान तथा श्रवण हानि की तीव्रता के आधार पर विभिन्न प्रकारों एवं स्तरों में वर्गीकृत किया जाता है। कारण एवं स्थान के आधार पर इसे मुख्यतः संवाहक श्रवण बाधिता (Conductive

Hearing Loss), संवेदी-तंत्रिकीय श्रवण बाधिता (Sensorineural Hearing Loss), मिश्रित श्रवण बाधिता (Mixed Hearing Loss) तथा केंद्रीय श्रवण प्रसंस्करण विकार (Central Auditory Processing Disorder) के रूप में विभाजित किया जाता है। संवाहक श्रवण बाधिता बाह्य या मध्य कर्ण में अवरोध अथवा विकार के कारण उत्पन्न होती है और कई मामलों में चिकित्सा या शल्य-चिकित्सा द्वारा उपचार योग्य होती है। संवेदी-तंत्रिकीय श्रवण बाधिता आंतरिक कर्ण (Cochlea) अथवा श्रवण तंत्रिका की क्षति के कारण होती है और सामान्यतः स्थायी होती है। मिश्रित श्रवण बाधिता में संवाहक एवं संवेदी-तंत्रिकीय दोनों प्रकार की समस्याएँ एक साथ उपस्थित रहती हैं, जबकि केंद्रीय श्रवण प्रसंस्करण विकार में व्यक्ति ध्वनि सुन तो सकता है, परंतु मस्तिष्क द्वारा ध्वनि का उचित विश्लेषण एवं अर्थ ग्रहण करने में कठिनाई होती है (WHO, 2021).

श्रवण हानि की तीव्रता के आधार पर इसे सामान्यतः पाँच स्तरों में वर्गीकृत किया जाता है – हल्की (Mild: 26–40 dB), मध्यम (Moderate: 41–60 dB), मध्यम से गंभीर (Severe: 61–80 dB) तथा अत्यंत गंभीर या गहन (Profound: 81 dB या उससे अधिक)। हल्की श्रवण हानि वाले व्यक्ति को धीमी आवाज़ या शोरयुक्त वातावरण में सुनने में कठिनाई होती है, जबकि मध्यम स्तर पर सामान्य बातचीत को समझने में समस्या आने लगती है। गंभीर एवं अत्यंत गंभीर श्रवण हानि वाले व्यक्तियों को संचार के लिए श्रवण यंत्र, कॉक्लियर इम्प्लांट, सांकेतिक भाषा तथा अन्य सहायक तकनीकों की आवश्यकता पड़ती है। श्रवण बाधिता के स्तर के अनुसार शैक्षिक रणनीतियाँ, पुनर्वास सेवाएँ एवं सहायक प्रौद्योगिकियों का चयन किया जाता है, जिससे शिक्षार्थियों के भाषा विकास, संचार कौशल एवं शैक्षिक उपलब्धि में सुधार लाया जा सके। ASHA, 2024 (WHO, 2021).

श्रवण बाधिता के कारण

श्रवण बाधिता (Hearing Impairment) के कारणों को व्यापक रूप से जन्मजात (Congenital) तथा अर्जित (Acquired) श्रेणियों में विभाजित किया जाता है। जन्मजात श्रवण बाधिता गर्भावस्था के दौरान आनुवंशिक कारणों, पारिवारिक इतिहास, गर्भकालीन संक्रमण (जैसे रूबेला, साइटोमेगालोवायरस, टॉक्सोप्लाज्मोसिस), समयपूर्व जन्म, जन्म के समय ऑक्सीजन की कमी, कम जन्म भार तथा प्रसव संबंधी जटिलताओं के कारण हो सकती है। दूसरी ओर, अर्जित श्रवण बाधिता जन्म के बाद विभिन्न कारणों से विकसित होती है, जिनमें कान के संक्रमण (Otitis Media), मेनिन्जाइटिस, खसरा, मम्प्स, अत्यधिक शोर (Noise Exposure), सिर या कान की चोट, ओटोटॉक्सिक (Ototoxic) दवाओं का सेवन, बढ़ती आयु (Presbycusis) तथा अन्य चिकित्सीय स्थितियाँ प्रमुख हैं। विश्व स्वास्थ्य संगठन (WHO, 2021) के अनुसार, इन कारणों में से अनेक को समय पर रोकथाम, टीकाकरण, सुरक्षित प्रसव, नवजात श्रवण जाँच, संक्रमणों के उचित उपचार तथा शोर से बचाव जैसी सार्वजनिक स्वास्थ्य रणनीतियों के माध्यम से नियंत्रित किया जा सकता है। श्रवण बाधिता के कारणों की समय पर पहचान और उपयुक्त चिकित्सकीय, शैक्षिक तथा पुनर्वासात्मक हस्तक्षेप न केवल श्रवण क्षमता के संरक्षण में सहायक होते हैं, बल्कि भाषा विकास, संचार कौशल, शैक्षिक उपलब्धि तथा सामाजिक समावेशन को भी सुदृढ़ बनाते हैं, WHO, 2021; ASHA, 2024)।

श्रवण बाधिता का शैक्षिक प्रभाव

श्रवण बाधिता का विद्यार्थियों के शैक्षिक विकास पर व्यापक एवं बहुआयामी प्रभाव पड़ता है। सुनने की क्षमता में कमी के कारण बच्चों को भाषा अर्जन, वाणी विकास, निर्देशों को समझने, कक्षा में होने वाली चर्चाओं में भाग लेने तथा शिक्षक और सहपाठियों के साथ प्रभावी संचार स्थापित करने में कठिनाई होती है। परिणामस्वरूप

पढ़ने, लिखने, शब्दावली विकास, व्याकरण, गणितीय अवधारणाओं तथा समस्या-समाधान जैसे शैक्षणिक कौशलों के विकास की गति प्रभावित हो सकती है। शोरयुक्त कक्षा, अनुपयुक्त बैठने की व्यवस्था तथा सहायक प्रौद्योगिकियों की अनुपलब्धता इन कठिनाइयों को और बढ़ा देती है। इसके अतिरिक्त, श्रवण बाधिता विद्यार्थियों के आत्मविश्वास, सामाजिक सहभागिता, सहयोगात्मक अधिगम तथा सहपाठियों के साथ संबंधों को भी प्रभावित कर सकती है, जिससे उनकी शैक्षिक उपलब्धि एवं विद्यालयी अनुभव पर प्रतिकूल प्रभाव पड़ता है। हालांकि, प्रारम्भिक पहचान, श्रवण यंत्र या कॉविलयर इम्प्लान्ट, सांकेतिक भाषा, वाक् एवं भाषा चिकित्सा, समावेशी शिक्षण रणनीतियाँ, सहायक प्रौद्योगिकियाँ तथा कृत्रिम बुद्धिमत्ता आधारित उपकरण-जैसे रियल-टाइम कैप्शनिंग, स्पीच-टू-टेक्स्ट और वैयक्तिकृत अधिगम प्रणालियाँ/कृत्रिम चुनौतियों को काफी हद तक कम कर सकती हैं। राष्ट्रीय शिक्षा नीति 2020 भी दिव्यांग विद्यार्थियों के लिए सुलभ, समावेशी एवं प्रौद्योगिकी-सक्षम शिक्षा पर विशेष बल देती है, जिससे श्रवण बाधित शिक्षार्थियों को समान सीखने के अवसर उपलब्ध कराए जा सकें

4. कृत्रिम बुद्धिमत्ता की अवधारणा एवं प्रमुख तकनीकें

कृत्रिम बुद्धिमत्ता कंप्यूटर विज्ञान की एक उन्नत एवं बहुआयामी शाखा है, जिसका उद्देश्य ऐसी बुद्धिमान प्रणालियों का विकास करना है जो मानव की भाँति सीखने, तर्क करने, निर्णय लेने, समस्या-समाधान तथा अनुभव के आधार पर स्वयं में सुधार करने की क्षमता रखती हों। वर्तमान डिजिटल युग में कृत्रिम बुद्धिमत्ता ने शिक्षा, स्वास्थ्य, उद्योग, संचार तथा पुनर्वास के क्षेत्रों में अभूतपूर्व परिवर्तन किए हैं। विशेष रूप से शिक्षा के क्षेत्र में एआई शिक्षार्थियों की आवश्यकताओं का विश्लेषण कर वैयक्तिकृत अधिगम, स्वचालित मूल्यांकन, अनुकूलनशील शिक्षण तथा सीखने की प्रगति का सतत विश्लेषण करने में सक्षम है। श्रवण बाधिता के क्षेत्र में ए. आई. आधारित तकनीकें शिक्षण-अधिगम को अधिक प्रभावी, सुलभ एवं समावेशी बनाने में महत्वपूर्ण भूमिका निभा रही हैं। मशीन लर्निंग ए.आई. की एक प्रमुख शाखा है, जिसमें कंप्यूटर प्रणालियाँ उपलब्ध आँकड़ों का विश्लेषण करके बिना स्पष्ट प्रोग्रामिंग के स्वयं सीखती हैं और समय के साथ अपनी कार्यक्षमता में सुधार करती हैं। डीप लर्निंग, जो मशीन लर्निंग का उन्नत रूप है, कृत्रिम न्यूरल नेटवर्क के माध्यम से जटिल पैटर्न की पहचान करने में सक्षम होती है तथा इसका उपयोग वाणी पहचान, श्रवण यंत्रों के अनुकूलन तथा कॉविलयर इम्प्लान्ट की कार्यक्षमता बढ़ाने में किया जा रहा है (Holmes et al., 2019; UNESCO, 2021).

इसी प्रकार, प्राकृतिक भाषा संसाधन ए.आई. की वह तकनीक है जो कंप्यूटर को मानव भाषा को समझने, विश्लेषित करने तथा उत्पन्न करने में सक्षम बनाती है। श्रवण बाधित शिक्षार्थियों के लिए स्पीच-टू-टेक्स्ट, रियल-टाइम कैप्शनिंग, स्वचालित अनुवाद तथा संवादात्मक ए.आई. जैसी प्रणालियाँ इसी तकनीक पर आधारित हैं। कंप्यूटर विज्ञान चित्रों एवं वीडियो का विश्लेषण करके वस्तुओं, चेहरों, संकेतों एवं गतिविधियों की पहचान करने में सक्षम है और इसका उपयोग स्वचालित सांकेतिक भाषा पहचान, सांकेतिक भाषा अनुवाद तथा दृश्य-आधारित अधिगम संसाधनों के विकास में किया जा रहा है। इसके अतिरिक्त, जनरेटिव ए.आई. कृत्रिम बुद्धिमत्ता की नवीनतम तकनीक है, जो पाठ (Text), चित्र (Images), ऑडियो, वीडियो एवं शिक्षण सामग्री का स्वचालित सृजन कर सकती है। यह तकनीक शिक्षकों को सुलभ शिक्षण सामग्री विकसित करने, वैयक्तिकृत अधिगम योजनाएँ तैयार करने तथा श्रवण बाधित विद्यार्थियों के लिए अनुकूलित शैक्षिक संसाधन उपलब्ध कराने में सहायता करती है। UNESCO (2021) के अनुसार, शिक्षा में कृत्रिम बुद्धिमत्ता का उद्देश्य केवल तकनीकी नवाचार तक सीमित नहीं है, बल्कि समानता, समावेशन, नैतिकता एवं गुणवत्तापूर्ण शिक्षा को सुनिश्चित करना भी है। अतः मशीन लर्निंग, डीप लर्निंग, प्राकृतिक भाषा संसाधन, कंप्यूटर विज्ञान एवं जनरेटिव ए.आई. जैसी तकनीकें श्रवण बाधिता के क्षेत्र में शिक्षा, पुनर्वास एवं सामाजिक समावेशन को सशक्त बनाने के लिए परिवर्तनकारी उपकरण के रूप में उभर रही हैं।

5. श्रवण बाधिता के क्षेत्र में कृत्रिम बुद्धिमत्ता के अनुप्रयोग

कृत्रिम बुद्धिमत्ता ने श्रवण बाधिता के क्षेत्र में शिक्षा, संचार, पुनर्वास तथा सामाजिक समावेशन के स्वरूप में महत्वपूर्ण परिवर्तन किए हैं। आधुनिक ए.आई. आधारित तकनीकों के माध्यम से श्रवण बाधित व्यक्तियों की आवश्यकताओं के अनुरूप सुलभ, प्रभावी एवं वैयक्तिकृत सेवाएँ उपलब्ध कराई जा रही हैं। विशेष रूप से स्पीच-टू-टेक्स्ट (चममबी-जव-ज्म•ज), रियल-टाइम कैप्शनिंग, स्वचालित सांकेतिक भाषा पहचान, स्मार्ट हियरिंग एड, ए.आई सक्षम कॉविलयर इम्प्लान्ट, वर्चुअल शिक्षण सहायक तथा अनुकूलनशील अधिगम प्रणालियाँ श्रवण बाधित शिक्षार्थियों के लिए सीखने की प्रक्रिया को अधिक प्रभावी एवं समावेशी बना रही हैं। ए.आई. के माध्यम से शिक्षण सामग्री को व्यक्तिगत आवश्यकताओं के अनुरूप तैयार किया जा सकता है, जिससे प्रत्येक विद्यार्थी अपनी सीखने की गति एवं क्षमता के अनुसार अध्ययन कर सकता है। इसके अतिरिक्त, ए.आई. आधारित विश्लेषणात्मक प्रणालियाँ विद्यार्थियों की अधिगम प्रगति, भाषा विकास तथा संचार संबंधी आवश्यकताओं का निरंतर मूल्यांकन कर शिक्षकों एवं अभिभावकों को उपयुक्त हस्तक्षेप की योजना बनाने में सहायता प्रदान करती हैं (Miao et al., 2021; Holmes et al., 2019)।

श्रवण बाधिता के क्षेत्र में कृत्रिम बुद्धिमत्ता के अनुप्रयोग केवल शिक्षा तक सीमित नहीं हैं, बल्कि पुनर्वास, स्वास्थ्य सेवाओं, रोजगार एवं सामाजिक समावेशन में भी इनका व्यापक उपयोग हो रहा है। ए.आई. सक्षम श्रवण यंत्र परिवेश के शोर का विश्लेषण कर ध्वनि की गुणवत्ता को स्वतः समायोजित करते हैं, जबकि कॉविलयर इम्प्लान्ट में प्रयुक्त एआई एल्गोरिदम उपयोगकर्ता की श्रवण आवश्यकताओं के अनुसार ध्वनि प्रसंस्करण को बेहतर बनाते हैं। इसी प्रकार, कंप्यूटर विज्ञान एवं प्राकृतिक भाषा संसाधन आधारित प्रणालियाँ सांकेतिक भाषा को पाठ या वाणी में तथा वाणी को पाठ में परिवर्तित कर संचार बाधाओं को कम करती हैं। आज माइक्रोसॉफ्ट, गूगल तथा अन्य प्रौद्योगिकी कंपनियों द्वारा विकसित लाइव कैप्शन, स्पीच रिकग्निशन एवं एआई चैटबॉट जैसी सुविधाएँ श्रवण बाधित व्यक्तियों के लिए शिक्षा, ऑनलाइन अधिगम तथा सार्वजनिक सेवाओं तक पहुँच को अधिक सरल बना रही हैं। UNESCO (2021) के अनुसार, शिक्षा में ए.आई. का प्रभावी उपयोग तभी सार्थक होगा जब उसे नैतिकता, समावेशन, समान अवसर तथा डिजिटल अभिगम्यता के सिद्धांतों के अनुरूप विकसित एवं लागू किया जाए। इसलिए कृत्रिम बुद्धिमत्ता श्रवण बाधिता के क्षेत्र में शिक्षा, पुनर्वास, संचार एवं सामाजिक सहभागिता को सशक्त बनाने वाली एक परिवर्तनकारी तकनीक के रूप में उभर रही है।

5.1 शिक्षा में कृत्रिम बुद्धिमत्ता के अनुप्रयोग

(क) वैयक्तिकृत अधिगम (Personalized Learning)

वैयक्तिकृत अधिगम कृत्रिम बुद्धिमत्ता का एक महत्वपूर्ण शैक्षिक अनुप्रयोग है, जिसके माध्यम से प्रत्येक विद्यार्थी की व्यक्तिगत अधिगम आवश्यकताओं, रुचियों, सीखने की गति तथा प्रदर्शन का विश्लेषण कर उसके अनुरूप शिक्षण सामग्री एवं गतिविधियाँ उपलब्ध कराई जाती हैं। श्रवण बाधित विद्यार्थियों के संदर्भ में एआई आधारित प्रणालियाँ उनकी भाषा दक्षता, श्रवण क्षमता, संचार शैली तथा सीखने की कठिनाइयों का मूल्यांकन कर व्यक्तिगत अधिगम योजना तैयार करती हैं। इससे विद्यार्थी अपनी गति के अनुसार अध्ययन कर सकते हैं तथा जिन विषयों में कठिनाई होती है, उन पर अतिरिक्त अभ्यास एवं मार्गदर्शन प्राप्त कर सकते हैं। इस प्रकार की प्रणालियाँ शिक्षकों को विद्यार्थियों की प्रगति का निरंतर विश्लेषण करने तथा समयानुकूल हस्तक्षेप प्रदान करने में भी सहायता करती हैं। परिणामस्वरूप शैक्षिक उपलब्धि, आत्मविश्वास, सहभागिता एवं सीखने की गुणवत्ता में उल्लेखनीय सुधार होता है (Holmes et al., 2019; Miao et al., 2021)।

(ख) स्मार्ट कक्षा

स्मार्ट कक्षा कृत्रिम बुद्धिमत्ता, इंटरनेट, डिजिटल उपकरणों तथा इंटरैक्टिव शिक्षण तकनीकों पर आधारित आधुनिक शिक्षण वातावरण है। श्रवण बाधित विद्यार्थियों के लिए स्मार्ट कक्षा में इंटरैक्टिव स्मार्ट बोर्ड, डिजिटल

डिस्प्ले, लाइव कैप्शन, दृश्य-आधारित शिक्षण सामग्री, वीडियो व्याख्यान तथा ए.आई. आधारित अधिगम प्लेटफॉर्म का उपयोग किया जाता है। इन तकनीकों के माध्यम से विद्यार्थी शिक्षक की बातों को दृश्य रूप में समझ सकते हैं तथा पाठ्यवस्तु तक अधिक प्रभावी ढंग से पहुँच बना सकते हैं। स्मार्ट कक्षा में ए.आई. विद्यार्थियों की सहभागिता, सीखने की प्रगति तथा कठिनाइयों का विश्लेषण कर शिक्षकों को त्वरित प्रतिपुष्टि (Feedback) भी प्रदान करती है। इससे समावेशी शिक्षण को बढ़ावा मिलता है तथा श्रवण बाधित और सामान्य विद्यार्थियों के बीच अधिगम की समानता स्थापित करने में सहायता मिलती है। यह व्यवस्था राष्ट्रीय शिक्षा नीति 2020 के प्रौद्योगिकी-सक्षम समावेशी शिक्षा के उद्देश्य को भी सुदृढ़ करती है (UNESCO, 2021).

(ग) रियल-टाइम कैप्शनिंग (Real&Time Captioning)

रियल-टाइम कैप्शनिंग कृत्रिम बुद्धिमत्ता की एक अत्यंत उपयोगी तकनीक है, जो शिक्षक अथवा वक्ता द्वारा बोले गए शब्दों को तुरंत लिखित पाठ (Text) में परिवर्तित कर स्क्रीन पर प्रदर्शित करती है। यह तकनीक स्वचालित वाक् पहचान पर आधारित होती है और विशेष रूप से श्रवण बाधित विद्यार्थियों के लिए कक्षा शिक्षण, ऑनलाइन व्याख्यान, संगोष्ठियों तथा बैठकों में अत्यंत लाभकारी सिद्ध होती है। रियल-टाइम कैप्शनिंग के माध्यम से विद्यार्थी प्रत्येक निर्देश, प्रश्न एवं चर्चा को पढ़कर आसानी से समझ सकते हैं, जिससे उनकी कक्षा में सक्रिय सहभागिता बढ़ती है। यह तकनीक भाषा अधिगम, शब्दावली विकास तथा शैक्षिक उपलब्धि में भी सकारात्मक योगदान देती है। वर्तमान में Google Live Caption, Microsoft Teams Live Captions तथा अन्य ए.आई. आधारित प्लेटफॉर्म इस सुविधा का सफलतापूर्वक उपयोग कर रहे हैं, जिससे समावेशी शिक्षा को नई दिशा मिली है (Miao et al., 2021).

(घ) स्पीच-टू-टेक्स्ट (Speech-to-Text)

स्पीच-टू-टेक्स्ट (Speech-to-Text) तकनीक कृत्रिम बुद्धिमत्ता एवं प्राकृतिक भाषा संसाधन पर आधारित है, जो बोले गए शब्दों को स्वतः लिखित पाठ में परिवर्तित करती है। श्रवण बाधित विद्यार्थियों के लिए यह तकनीक संचार एवं अधिगम का अत्यंत प्रभावी माध्यम है, क्योंकि इसके द्वारा शिक्षक के व्याख्यान, कक्षा चर्चाएँ तथा ऑनलाइन सामग्री को तुरंत पढ़ा जा सकता है। यह तकनीक विद्यार्थियों को नोट्स बनाने, व्याख्यान समझने तथा अध्ययन सामग्री तक सुलभ पहुँच प्रदान करती है। साथ ही, यह भाषा विकास, पढ़ने की क्षमता तथा शैक्षिक सहभागिता को भी बढ़ावा देती है। Google Speech Recognition, Microsoft Azure Speech Services तथा अन्य ए.आई. आधारित अनुप्रयोग इस तकनीक के प्रमुख उदाहरण हैं। समावेशी कक्षाओं में स्पीच-टू-टेक्स्ट तकनीक श्रवण बाधित विद्यार्थियों और शिक्षकों के बीच प्रभावी संचार स्थापित करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाती है (Holmes et al., 2019; UNESCO, 2021).

(ङ) एआई आधारित शिक्षण सामग्री (AI&Based Educational Content)

कृत्रिम बुद्धिमत्ता आधारित शिक्षण सामग्री का उद्देश्य विद्यार्थियों की आवश्यकताओं एवं अधिगम स्तर के अनुरूप गुणवत्तापूर्ण, सुलभ एवं आकर्षक शिक्षण संसाधन विकसित करना है। ए.आई. की सहायता से पाठ्य सामग्री, अभ्यास प्रश्न, चित्र, वीडियो, एनिमेशन, इन्फोग्राफिक्स, क्विज़ तथा इंटरैक्टिव गतिविधियाँ स्वतः तैयार की जा सकती हैं। श्रवण बाधित विद्यार्थियों के लिए ऐसी सामग्री में सांकेतिक भाषा, उपशीर्षक (Subtitles), दृश्य संकेत (Visual Cues), सरल भाषा तथा मल्टीमीडिया संसाधनों को सम्मिलित किया जाता है, जिससे अधिगम अधिक प्रभावी एवं रोचक बनता है। जनरेटिव ए.आई. (Generative AI) शिक्षकों को व्यक्तिगत कार्यपत्रक, मूल्यांकन सामग्री तथा शिक्षण योजनाएँ तैयार करने में भी सहायता प्रदान करती है। इससे शिक्षकों का समय बचता है तथा विद्यार्थियों को उनकी क्षमता के अनुरूप शिक्षण अनुभव प्राप्त होता है। परिणामस्वरूप समावेशी

शिक्षा को बढ़ावा मिलता है और श्रवण बाधित विद्यार्थियों की शैक्षिक उपलब्धि एवं सहभागिता में उल्लेखनीय सुधार देखा जाता है (Miao et al., 2021; UNESCO, 2021).

5.2 संचार में कृत्रिम बुद्धिमत्ता के अनुप्रयोग

(क) सांकेतिक भाषा पहचान (Sign Language Recognition)

सांकेतिक भाषा पहचान कृत्रिम बुद्धिमत्ता और कंप्यूटर विज्ञान पर आधारित एक उन्नत तकनीक है, जो हाथों की गतिविधियों, उँगलियों की मुद्राओं, चेहरे के भावों तथा शारीरिक संकेतों का विश्लेषण करके उन्हें डिजिटल रूप में पहचानने में सक्षम होती है। यह तकनीक कैमरा, सेंसर एवं डीप लर्निंग एल्गोरिदम का उपयोग कर सांकेतिक भाषा को समझती है और उसे पाठ (Text) अथवा वाणी (Speech) में परिवर्तित करती है। श्रवण बाधित व्यक्तियों के लिए यह तकनीक सामान्य व्यक्तियों के साथ प्रभावी संचार स्थापित करने में अत्यंत सहायक है। शिक्षा के क्षेत्र में इसका उपयोग कक्षा शिक्षण, ऑनलाइन अधिगम, सार्वजनिक सेवाओं तथा डिजिटल संचार में किया जा रहा है। इसके माध्यम से संचार बाधाओं में कमी आती है, समावेशन को बढ़ावा मिलता है तथा श्रवण बाधित विद्यार्थियों की शैक्षिक एवं सामाजिक सहभागिता में वृद्धि होती है (Bragg et al., 2019; UNESCO, 2021).

(ख) सांकेतिक भाषा अनुवाद (Sign Language Translation)

सांकेतिक भाषा अनुवाद कृत्रिम बुद्धिमत्ता की एक महत्वपूर्ण तकनीक है, जो सांकेतिक भाषा को लिखित अथवा मौखिक भाषा में तथा लिखित या मौखिक भाषा को सांकेतिक भाषा में परिवर्तित करने का कार्य करती है। यह तकनीक प्राकृतिक भाषा संसाधन, मशीन लर्निंग तथा कंप्यूटर विज्ञान के समन्वय से कार्य करती है। इसके माध्यम से श्रवण बाधित व्यक्ति शिक्षकों, सहपाठियों, चिकित्सकों एवं अन्य व्यक्तियों के साथ अधिक सहजता से संवाद स्थापित कर सकते हैं। शिक्षा के क्षेत्र में यह तकनीक व्याख्यान, ई-लर्निंग सामग्री, सरकारी सेवाओं तथा सार्वजनिक घोषणाओं को अधिक सुलभ बनाती है। भविष्य में भारतीय सांकेतिक भाषा के लिए एआई आधारित अनुवाद प्रणालियों का विकास समावेशी शिक्षा एवं सार्वभौमिक अभिगम्यता को और अधिक सुदृढ़ कर सकता है (Miao et al., 2021; UNESCO, 2021).

(ग) एआई चैटबॉट (AI Chatbots)

एआई चैटबॉट प्राकृतिक भाषा संसाधन एवं मशीन लर्निंग पर आधारित संवादात्मक प्रणालियाँ हैं, जो उपयोगकर्ताओं के प्रश्नों का त्वरित एवं सटीक उत्तर देने में सक्षम होती हैं। श्रवण बाधित विद्यार्थियों के लिए चैटबॉट लिखित संवाद के माध्यम से अध्ययन संबंधी जानकारी, शैक्षिक मार्गदर्शन, अभ्यास प्रश्न, त्वरित स्पष्टीकरण तथा व्यक्तिगत सहायता प्रदान करते हैं। ये चैटबॉट चौबीसों घंटे उपलब्ध रहते हैं, जिससे विद्यार्थी अपनी सुविधा के अनुसार अध्ययन कर सकते हैं। इसके अतिरिक्त, एआई चैटबॉट भाषा सीखने, शब्दावली विकास, परीक्षा की तैयारी तथा मानसिक परामर्श जैसी सेवाओं में भी उपयोगी सिद्ध हो रहे हैं। शिक्षकों के लिए भी यह तकनीक विद्यार्थियों की सामान्य जिज्ञासाओं का समाधान करने तथा वैयक्तिकृत अधिगम को बढ़ावा देने में सहायक है। इस प्रकार एआई चैटबॉट श्रवण बाधित विद्यार्थियों के लिए सुलभ, समावेशी एवं संवादात्मक शिक्षण वातावरण के निर्माण में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं (Holmes et al., 2019; UNESCO, 2021).

(घ) वॉयस-टू-टेक्स्ट तकनीक (Voice-to-Text Technology)

वॉयस-टू-टेक्स्ट तकनीक कृत्रिम बुद्धिमत्ता आधारित स्वचालित वाक् पहचान प्रणाली है, जो बोले गए शब्दों को तुरंत लिखित पाठ में परिवर्तित करती है। यह तकनीक श्रवण बाधित व्यक्तियों के लिए प्रभावी संचार का एक महत्वपूर्ण माध्यम है, क्योंकि इसके द्वारा कक्षा में शिक्षक का व्याख्यान, बैठकों की चर्चा, सार्वजनिक घोषणाएँ तथा ऑनलाइन संवाद वास्तविक समय में पढ़े जा सकते हैं। इससे विद्यार्थियों की समझ, सहभागिता तथा शैक्षिक उपलब्धि में सुधार होता है। वर्तमान में Google Live Transcribe, Microsoft Azure Speech Services तथा अन्य एआई आधारित अनुप्रयोग इस तकनीक का सफलतापूर्वक उपयोग कर रहे हैं। वॉयस-टू-टेक्स्ट तकनीक न केवल शिक्षा, बल्कि स्वास्थ्य सेवाओं, कार्यालयों, न्यायालयों एवं सार्वजनिक संस्थानों में भी श्रवण बाधित व्यक्तियों के लिए अभिगम्यता बढ़ाने का प्रभावी साधन बन चुकी है। इसलिए यह तकनीक समावेशी संचार एवं डिजिटल समानता की दिशा में एक महत्वपूर्ण नवाचार मानी जाती है (World Health Organization, 2021; Miao et al., 2021).

5.3 पुनर्वास में कृत्रिम बुद्धिमत्ता के अनुप्रयोग

(क) स्मार्ट हियरिंग एड (Smart Hearing Aids)

कृत्रिम बुद्धिमत्ता आधारित स्मार्ट हियरिंग एड श्रवण बाधित व्यक्तियों के पुनर्वास में एक महत्वपूर्ण नवाचार हैं। ये उपकरण मशीन लर्निंग एल्गोरिदम की सहायता से उपयोगकर्ता के श्रवण वातावरण का विश्लेषण कर स्वचालित रूप से ध्वनि की तीव्रता, स्पष्टता तथा शोर नियंत्रण को समायोजित करते हैं। परिणामस्वरूप उपयोगकर्ता को विभिन्न परिस्थितियों, जैसे भीड़भाड़ वाले स्थानों, कक्षाओं अथवा शांत वातावरण में बेहतर श्रवण अनुभव प्राप्त होता है। आधुनिक स्मार्ट हियरिंग एड मोबाइल एप्लिकेशन से भी जुड़ सकते हैं, जिससे उपयोगकर्ता अपनी आवश्यकताओं के अनुसार उनकी सेटिंग्स को नियंत्रित कर सकता है। यह तकनीक श्रवण क्षमता के साथ-साथ संचार, सामाजिक सहभागिता तथा जीवन की गुणवत्ता में भी सुधार लाती है (WHO, 2021).

(ख) कॉक्लियर इम्प्लांट में एआई (AI in Cochlear Implants)

कॉक्लियर इम्प्लांट (बबिसमंत प्चसंदज) गंभीर एवं अत्यंत गंभीर श्रवण बाधिता वाले व्यक्तियों के लिए एक प्रभावी पुनर्वास तकनीक है। कृत्रिम बुद्धिमत्ता के समावेश से कॉक्लियर इम्प्लांट की कार्यक्षमता में उल्लेखनीय सुधार हुआ है। एआई आधारित एल्गोरिदम परिवेशीय ध्वनियों का विश्लेषण कर अनावश्यक शोर को कम करते हैं तथा आवश्यक ध्वनियों और वाणी संकेतों को अधिक स्पष्ट रूप में प्रस्तुत करते हैं। इसके अतिरिक्त, एआई उपयोगकर्ता की श्रवण आदतों और प्राथमिकताओं के आधार पर ध्वनि प्रसंस्करण (Sound Processing) को निरंतर अनुकूलित करता है, जिससे सुनने एवं बोलने की क्षमता में सुधार होता है तथा पुनर्वास की प्रभावशीलता बढ़ती है (Clark, 2003; WHO, 2021).

(ग) श्रवण प्रशिक्षण (Auditory Training)

श्रवण प्रशिक्षण श्रवण पुनर्वास की एक महत्वपूर्ण प्रक्रिया है, जिसका उद्देश्य श्रवण बाधित व्यक्तियों में ध्वनि पहचान, वाणी समझने तथा श्रवण कौशल का विकास करना है। वर्तमान समय में कृत्रिम बुद्धिमत्ता आधारित डिजिटल प्रशिक्षण कार्यक्रम उपयोगकर्ता की क्षमता एवं प्रगति के अनुसार अभ्यास गतिविधियों को स्वचालित रूप से अनुकूलित करते हैं। इन कार्यक्रमों में इंटरैक्टिव अभ्यास, त्वरित प्रतिपुष्टि (Feedback) तथा प्रदर्शन विश्लेषण की सुविधा होती है, जिससे सीखने की गति और प्रभावशीलता में वृद्धि होती है। विशेष रूप से कॉक्लियर इम्प्लांट उपयोगकर्ताओं एवं श्रवण यंत्र पहनने वाले बच्चों के लिए एआई आधारित श्रवण प्रशिक्षण भाषा विकास एवं संचार कौशल को सुदृढ़ करने में अत्यंत उपयोगी सिद्ध हो रहा है (Mayo Clinic, 2023).

(घ) टेली-रिहैबिलिटेशन (Tele-Rehabilitation)

टेली-रिहैबिलिटेशन (Tele-Rehabilitation) सूचना एवं संचार प्रौद्योगिकी तथा कृत्रिम बुद्धिमत्ता पर आधारित पुनर्वास सेवा है, जिसके माध्यम से श्रवण बाधित व्यक्तियों को दूरस्थ स्थानों पर भी विशेषज्ञ परामर्श, श्रवण परीक्षण, श्रवण प्रशिक्षण तथा वाक् एवं भाषा चिकित्सा उपलब्ध कराई जाती है। एआई आधारित ऑनलाइन प्लेटफॉर्म उपयोगकर्ता की प्रगति का विश्लेषण कर व्यक्तिगत सुझाव प्रदान करते हैं तथा चिकित्सकों को उपचार योजना में आवश्यक संशोधन करने में सहायता करते हैं। यह तकनीक विशेष रूप से ग्रामीण एवं दूरदराज़ क्षेत्रों में रहने वाले व्यक्तियों के लिए अत्यंत लाभकारी है, जहाँ विशेषज्ञ सेवाओं की उपलब्धता सीमित होती है। टेली-रिहैबिलिटेशन समय, लागत एवं यात्रा संबंधी कठिनाइयों को कम करते हुए पुनर्वास सेवाओं की पहुँच और गुणवत्ता दोनों में सुधार करता है (WHO, 2021; UNESCO, 2021)।

5.4 समावेशन में कृत्रिम बुद्धिमत्ता के अनुप्रयोग

कृत्रिम बुद्धिमत्ता समावेशी शिक्षा एवं सामाजिक समावेशन को सुदृढ़ बनाने में महत्वपूर्ण भूमिका निभा रही है। समावेशी कक्षाओं में एआई आधारित तकनीकें, जैसे रियल-टाइम कैप्शनिंग, स्पीच-टू-टेक्स्ट, सांकेतिक भाषा अनुवाद, स्मार्ट बोर्ड तथा वैयक्तिकृत अधिगम प्लेटफॉर्म, श्रवण बाधित विद्यार्थियों को सामान्य विद्यार्थियों के साथ समान रूप से शिक्षण-अधिगम गतिविधियों में भाग लेने का अवसर प्रदान करती हैं। डिजिटल अभिगम्यता के अंतर्गत एआई आधारित वेबसाइट, ई-लर्निंग प्लेटफॉर्म, मोबाइल अनुप्रयोग तथा मल्टीमीडिया संसाधनों में उपशीर्षक, कैप्शन, दृश्य संकेत एवं सुलभ इंटरफ़ेस उपलब्ध कराए जाते हैं, जिससे सभी शिक्षार्थियों के लिए सूचना तक समान पहुँच सुनिश्चित होती है। इसके अतिरिक्त, ए.आई. संचार बाधाओं को कम करके श्रवण बाधित व्यक्तियों की समान सहभागिता को बढ़ावा देता है तथा रोजगार के क्षेत्र में स्वचालित कैप्शनिंग, वर्चुअल मीटिंग सहायता, एआई चौटबॉट एवं डिजिटल सहयोग उपकरणों के माध्यम से कार्यस्थलों को अधिक सुलभ बनाता है। परिणामस्वरूप श्रवण बाधित व्यक्तियों की शिक्षा, रोजगार, सामाजिक सहभागिता, आत्मनिर्भरता तथा जीवन की गुणवत्ता में सुधार होता है और समावेशी समाज के निर्माण को गति मिलती है, जो राष्ट्रीय शिक्षा नीति 2020 तथा संयुक्त राष्ट्र के सतत विकास लक्ष्य-4 (SDG-4) के उद्देश्यों के अनुरूप है (UNESCO, 2021; WHO, 2021)।

6. कृत्रिम बुद्धिमत्ता आधारित प्रमुख सहायक प्रौद्योगिकियाँ

(क) श्रवण यंत्र

एआई आधारित श्रवण यंत्र परिवेशीय ध्वनियों का विश्लेषण कर शोर को कम करते हैं तथा वाणी को स्पष्ट बनाते हैं। ये उपयोगकर्ता की सुनने की आदतों के अनुसार स्वतः समायोजित होकर विभिन्न वातावरणों में बेहतर श्रवण अनुभव प्रदान करते हैं, जिससे संचार, अधिगम एवं दैनिक जीवन की गुणवत्ता में सुधार होता है।

(ख) कॉक्लियर इम्प्लांट

एआई-सक्षम कॉक्लियर इम्प्लांट गंभीर श्रवण बाधिता वाले व्यक्तियों के लिए ध्वनि संकेतों को अधिक प्रभावी ढंग से संसाधित करते हैं। मशीन लर्निंग आधारित एल्गोरिदम परिवेशीय शोर को कम कर वाणी की स्पष्टता बढ़ाते हैं तथा उपयोगकर्ता की श्रवण आवश्यकताओं के अनुसार ध्वनि प्रसंस्करण को अनुकूलित करते हैं।

(ग) लाइव कैप्शन

लाइव कैप्शन तकनीक कृत्रिम बुद्धिमत्ता की सहायता से बोले गए शब्दों को वास्तविक समय में लिखित पाठ में परिवर्तित करती है। यह तकनीक कक्षा शिक्षण, ऑनलाइन बैठकों, वीडियो एवं सार्वजनिक कार्यक्रमों में श्रवण बाधित व्यक्तियों के लिए प्रभावी संचार एवं समावेशी सहभागिता सुनिश्चित करती है।

(घ) वाक् पहचान

स्पीच रिकग्निशन तकनीक स्वचालित वाक् पहचान के माध्यम से मानव वाणी को पहचानकर उसे डिजिटल पाठ में परिवर्तित करती है। यह तकनीक शिक्षण, नोट्स तैयार करने, ऑनलाइन अधिगम तथा दैनिक संचार में श्रवण बाधित विद्यार्थियों की समझ और सहभागिता को बढ़ाती है।

(ङ) ए.आई. अनुवाद उपकरण

ए.आई. आधारित अनुवाद उपकरण विभिन्न भाषाओं तथा संचार माध्यमों के बीच त्वरित अनुवाद की सुविधा प्रदान करते हैं। ये उपकरण पाठ, वाणी एवं कुछ परिस्थितियों में सांकेतिक भाषा का भी अनुवाद कर श्रवण बाधित व्यक्तियों के लिए शिक्षा, संचार और सूचना तक पहुँच को अधिक सुलभ बनाते हैं।

(च) सांकेतिक भाषा पहचान प्रणाली

सांकेतिक भाषा पहचान प्रणाली कंप्यूटर विज्ञान एवं कृत्रिम बुद्धिमत्ता का उपयोग करके हाथों की गतिविधियों एवं चेहरे के भावों को पहचानती है। यह प्रणाली सांकेतिक भाषा को पाठ या वाणी में परिवर्तित कर श्रवण बाधित एवं सामान्य व्यक्तियों के बीच प्रभावी संचार स्थापित करने में सहायता करती है।

(छ) मोबाइल अनुप्रयोग

एआई आधारित मोबाइल अनुप्रयोग श्रवण परीक्षण, लाइव ट्रांसक्रिप्शन, भाषा अधिगम, सांकेतिक भाषा प्रशिक्षण तथा श्रवण पुनर्वास जैसी सुविधाएँ प्रदान करते हैं। ये अनुप्रयोग कहीं भी और कभी भी सुलभ सेवाएँ उपलब्ध कराकर श्रवण बाधित व्यक्तियों की शिक्षा, संचार एवं आत्मनिर्भरता को सशक्त बनाते हैं।

7. शिक्षा एवं अधिगम पर कृत्रिम बुद्धिमत्ता का प्रभाव

कृत्रिम बुद्धिमत्ता ने श्रवण बाधित विद्यार्थियों की शिक्षा एवं अधिगम प्रक्रिया को अधिक प्रभावी, सुलभ एवं समावेशी बनाया है। एआई आधारित तकनीकों, जैसे वैयक्तिकृत अधिगम, स्पीच-टू-टेक्स्ट, रियल-टाइम कैप्शनिंग, स्मार्ट हियरिंग एड तथा एआई आधारित शिक्षण सामग्री के उपयोग से विद्यार्थियों की शैक्षिक उपलब्धि में सुधार होता है तथा वे अपनी सीखने की गति एवं क्षमता के अनुरूप अध्ययन कर पाते हैं। ये तकनीकें भाषा विकास एवं शब्दावली को समृद्ध करने के साथ-साथ संप्रेषण कौशल को भी सुदृढ़ करती हैं, जिससे शिक्षक, सहपाठियों एवं परिवार के साथ प्रभावी संवाद स्थापित करना संभव होता है। इसके अतिरिक्त, समावेशी कक्षा में एआई आधारित सहायक प्रौद्योगिकियाँ विद्यार्थियों की सामाजिक सहभागिता को बढ़ावा देती हैं तथा उन्हें शैक्षिक एवं सह-पाठ्यक्रम गतिविधियों में समान अवसर प्रदान करती हैं। डिजिटल उपकरणों एवं सहायक तकनीकों के माध्यम से श्रवण बाधित शिक्षार्थियों में आत्मनिर्भरता, आत्मविश्वास एवं समस्या-समाधान क्षमता का विकास होता है, जिससे वे शिक्षा, रोजगार एवं सामाजिक जीवन में अधिक सक्रिय और स्वतंत्र भूमिका निभाने में सक्षम बनते हैं (Holmes et al., 2019; UNESCO, 2021; WHO, 2021).

8. राष्ट्रीय एवं अंतरराष्ट्रीय पहल

(क) राष्ट्रीय शिक्षा नीति 2020

राष्ट्रीय शिक्षा नीति 2020 सभी शिक्षार्थियों के लिए समान, समावेशी एवं गुणवत्तापूर्ण शिक्षा पर बल देती है। यह नीति दिव्यांग विद्यार्थियों, विशेषकर श्रवण बाधित शिक्षार्थियों, के लिए सहायक प्रौद्योगिकी, डिजिटल शिक्षण संसाधन, भारतीय सांकेतिक भाषा, प्रशिक्षित शिक्षकों तथा लचीली शिक्षण व्यवस्था को बढ़ावा देती है। नीति प्रौद्योगिकी-सक्षम शिक्षा एवं कृत्रिम बुद्धिमत्ता के उपयोग के माध्यम से शिक्षण-अधिगम को अधिक सुलभ, प्रभावी एवं समावेशी बनाने की दिशा में महत्वपूर्ण मार्गदर्शन प्रदान करती है (Ministry of Education, 2020).

(ख) दिव्यांगजन अधिकार अधिनियम, 2016 (RPwD Act, 2016)

दिव्यांगजन अधिकार अधिनियम, 2016 दिव्यांग व्यक्तियों को शिक्षा, रोजगार, स्वास्थ्य, पुनर्वास एवं सामाजिक जीवन में समान अवसर एवं अधिकार प्रदान करता है। यह अधिनियम श्रवण बाधित व्यक्तियों के लिए सुलभ शिक्षण वातावरण, उचित समायोजन, सहायक प्रौद्योगिकी तथा भेदभाव-रहित शिक्षा सुनिश्चित करने पर बल देता है। साथ ही, यह समावेशी शिक्षा को बढ़ावा देकर दिव्यांग व्यक्तियों के अधिकारों की रक्षा के लिए कानूनी आधार प्रदान करता है (Government of India, 2016).

(ग) समग्र शिक्षा (Samagra Shiksha)

समग्र शिक्षा भारत सरकार की एक समेकित विद्यालयी शिक्षा योजना है, जिसका उद्देश्य पूर्व-प्राथमिक से माध्यमिक स्तर तक समावेशी एवं गुणवत्तापूर्ण शिक्षा उपलब्ध कराना है। इस योजना के अंतर्गत दिव्यांग विद्यार्थियों को सहायक उपकरण, संसाधन कक्ष, विशेष शिक्षक, परिवहन सुविधा, शिक्षण-अधिगम सामग्री तथा व्यक्तिगत शैक्षिक सहायता प्रदान की जाती है। यह योजना डिजिटल शिक्षा एवं सहायक प्रौद्योगिकी के उपयोग को भी प्रोत्साहित करती है, जिससे श्रवण बाधित विद्यार्थियों की शैक्षिक सहभागिता एवं उपलब्धि में सुधार हो सके (Ministry of Education, 2023).

(घ) UNESCO

संयुक्त राष्ट्र शैक्षिक, वैज्ञानिक एवं सांस्कृतिक संगठन (UNESCO) समावेशी, समान एवं गुणवत्तापूर्ण शिक्षा को बढ़ावा देने के लिए वैश्विक स्तर पर कार्य करता है। UNESCO ने कृत्रिम बुद्धिमत्ता के नैतिक एवं उत्तरदायी उपयोग के लिए दिशा-निर्देश जारी किए हैं तथा शिक्षा में 17 के माध्यम से सभी शिक्षार्थियों, विशेषकर दिव्यांग विद्यार्थियों, के लिए समान अवसर सुनिश्चित करने पर बल दिया है। संगठन डिजिटल अभिगम्यता, समावेशी शिक्षा एवं सतत विकास लक्ष्य-4 (SDG-4) की प्राप्ति हेतु सदस्य देशों का मार्गदर्शन करता है (UNESCO, 2021).

(ङ) विश्व स्वास्थ्य संगठन

विश्व स्वास्थ्य संगठन श्रवण स्वास्थ्य के संरक्षण, श्रवण हानि की रोकथाम तथा पुनर्वास सेवाओं के विस्तार के लिए वैश्विक स्तर पर कार्य करता है। World Report on Hearing (2021) के माध्यम से WHO ने प्रारम्भिक पहचान, समय पर हस्तक्षेप, श्रवण परीक्षण, सहायक प्रौद्योगिकी तथा पुनर्वास सेवाओं की आवश्यकता पर बल दिया है। WHO के अनुसार तकनीकी नवाचार एवं कृत्रिम बुद्धिमत्ता का प्रभावी उपयोग श्रवण बाधित व्यक्तियों की शिक्षा, संचार, पुनर्वास एवं जीवन की गुणवत्ता में महत्वपूर्ण सुधार ला सकता है (WHO, 2021).

नृच्छव्य

(च) सतत विकास लक्ष्य-4

संयुक्त राष्ट्र द्वारा वर्ष 2015 में अपनाए गए सतत विकास लक्ष्य-4 का उद्देश्य वर्ष 2030 तक सभी के लिए समावेशी, समान एवं गुणवत्तापूर्ण शिक्षा सुनिश्चित करना तथा आजीवन अधिगम के अवसरों को बढ़ावा देना है। SDG-4 विशेष रूप से दिव्यांग व्यक्तियों, जिनमें श्रवण बाधित शिक्षार्थी भी शामिल हैं, के लिए शिक्षा में समान अवसर, सुलभ अधिगम संसाधन, डिजिटल अभिगम्यता तथा सहायक प्रौद्योगिकियों के उपयोग पर बल देता है। कृत्रिम बुद्धिमत्ता आधारित तकनीकें, जैसे रियल-टाइम कैप्शनिंग, स्पीच-टू-टेक्स्ट, सांकेतिक भाषा अनुवाद तथा वैयक्तिकृत अधिगम प्लेटफॉर्म, SDG-4 के उद्देश्यों की प्राप्ति में महत्वपूर्ण योगदान देती हैं। ये तकनीकें श्रवण बाधित विद्यार्थियों के लिए गुणवत्तापूर्ण, समावेशी एवं सुलभ शिक्षा सुनिश्चित करने के साथ-साथ उनकी शैक्षिक उपलब्धि, सामाजिक सहभागिता तथा आत्मनिर्भरता को भी बढ़ावा देती हैं (United Nations, 2015; UNESCO, 2021).

9. चुनौतियाँ

कृत्रिम बुद्धिमत्ता ने श्रवण बाधिता के क्षेत्र में शिक्षा, पुनर्वास एवं समावेशन के लिए अनेक नई संभावनाएँ प्रस्तुत की हैं, किन्तु इसके प्रभावी क्रियान्वयन के समक्ष कई महत्वपूर्ण चुनौतियाँ भी विद्यमान हैं। डिजिटल विभाजन के कारण ग्रामीण एवं आर्थिक रूप से कमजोर क्षेत्रों के विद्यार्थियों को आधुनिक एआई आधारित तकनीकों एवं इंटरनेट सुविधाओं तक समान पहुँच प्राप्त नहीं हो पाती। तकनीकी उपकरणों की उच्च लागत के कारण स्मार्ट हियरिंग एड, कॉविलियर इम्प्लांट तथा अन्य सहायक प्रौद्योगिकियाँ सभी के लिए सुलभ नहीं हैं। इसके अतिरिक्त, प्रशिक्षित विशेष शिक्षकों एवं तकनीकी विशेषज्ञों की कमी एआई आधारित संसाधनों के प्रभावी उपयोग में बाधा उत्पन्न करती है। एआई प्रणालियों में उपयोग किए जाने वाले व्यक्तिगत डेटा से संबंधित डेटा गोपनीयता एवं साइबर सुरक्षा के मुद्दे भी गंभीर चिंता का विषय हैं। साथ ही, नैतिक चुनौतियाँ, जैसे एल्गोरिदमिक पक्षपात, पारदर्शिता एवं उत्तरदायित्व, एआई के सुरक्षित एवं न्यायसंगत उपयोग की आवश्यकता को रेखांकित करती हैं। भारतीय संदर्भ में भारतीय भाषाओं एवं भारतीय सांकेतिक भाषा के लिए सीमित एआई संसाधनों के कारण इन तकनीकों का व्यापक उपयोग अभी भी सीमित है। अतः इन चुनौतियों का समाधान नीतिगत सहयोग, तकनीकी नवाचार, प्रशिक्षित मानव संसाधन तथा समावेशी डिजिटल अवसंरचना के विकास के माध्यम से किया जाना आवश्यक है (UNESCO, 2021; World Health Organization, 2021).

10. भविष्य की संभावनाएँ

कृत्रिम बुद्धिमत्ता भविष्य में श्रवण बाधिता के क्षेत्र में शिक्षा, पुनर्वास एवं समावेशन को नई दिशा प्रदान करने की क्षमता रखती है। एआई आधारित स्मार्ट कक्षाएँ श्रवण बाधित विद्यार्थियों को रियल-टाइम कैप्शनिंग, वैयक्तिकृत अधिगम एवं इंटरैक्टिव शिक्षण सुविधाएँ उपलब्ध कराएँगी। वर्चुअल एवं ऑगमेंटेड रियलिटी तकनीकें अनुभवात्मक एवं दृश्य-आधारित अधिगम को अधिक प्रभावी बनाएँगी। वेयरैबल एआई उपकरण उन्नत श्रवण यंत्रों एवं स्मार्ट ग्लास के माध्यम से वास्तविक समय में संचार को सशक्त करेंगे। बहुभाषी एआई भारतीय भाषाओं एवं भारतीय सांकेतिक भाषा में सहज अनुवाद एवं संवाद की सुविधा प्रदान करेगा। साथ ही, व्यक्तिगत पुनर्वास योजनाएँ प्रत्येक शिक्षार्थी की आवश्यकताओं के अनुसार विकसित की जा सकेंगी। इन नवाचारों के परिणामस्वरूप समावेशी डिजिटल शिक्षा को बढ़ावा मिलेगा तथा श्रवण बाधित व्यक्तियों के लिए गुणवत्तापूर्ण शिक्षा, समान अवसर, आत्मनिर्भरता एवं सामाजिक समावेशन के नए आयाम स्थापित होंगे (UNESCO, 2021; World Health Organization, 2021).

11. नीतिगत एवं व्यावहारिक सुझाव

श्रवण बाधिता के क्षेत्र में कृत्रिम बुद्धिमत्ता के प्रभावी उपयोग हेतु समन्वित नीतिगत एवं व्यावहारिक प्रयास आवश्यक हैं। सर्वप्रथम, शिक्षकों का नियमित प्रशिक्षण आयोजित किया जाना चाहिए ताकि वे एआई आधारित

सहायक प्रौद्योगिकियों, डिजिटल शिक्षण उपकरणों एवं समावेशी शिक्षण रणनीतियों का प्रभावी उपयोग कर सकें। विद्यालयों एवं उच्च शिक्षण संस्थानों में एआई का चरणबद्ध एकीकरण कर स्मार्ट कक्षाओं, स्पीच-टू-टेक्स्ट, रियल-टाइम कैप्शनिंग तथा वैयक्तिकृत अधिगम प्रणालियों को बढ़ावा दिया जाना चाहिए। साथ ही, श्रवण बाधित विद्यार्थियों के लिए सुलभ डिजिटल सामग्री, जैसे उपशीर्षकयुक्त वीडियो, भारतीय सांकेतिक भाषा आधारित संसाधन एवं बहुभाषी शिक्षण सामग्री विकसित की जानी चाहिए। अनुसंधान एवं नवाचार को प्रोत्साहित कर भारतीय भाषाओं एवं स्थानीय आवश्यकताओं के अनुरूप एआई समाधान विकसित किए जाएँ। इसके अतिरिक्त, सरकारी विभागों, विश्वविद्यालयों, पुनर्वास संस्थानों, उद्योगों एवं प्रौद्योगिकी संगठनों के बीच सहयोग स्थापित कर वित्तीय सहायता, तकनीकी अवसंरचना तथा नीतिगत समर्थन सुनिश्चित किया जाना चाहिए, जिससे श्रवण बाधित व्यक्तियों के लिए समावेशी, सुलभ एवं गुणवत्तापूर्ण शिक्षा और पुनर्वास सेवाओं का विस्तार हो सके (Ministry of Education, 2020; UNESCO, 2021; World Health Organization, 2021).

12. निष्कर्ष

कृत्रिम बुद्धिमत्ता श्रवण बाधिता के क्षेत्र में शिक्षा, पुनर्वास एवं समावेशन को अधिक प्रभावी, सुलभ और नवाचारी बनाने वाली एक परिवर्तनकारी प्रौद्योगिकी के रूप में उभरकर सामने आई है। एआई आधारित तकनीकों, जैसे स्मार्ट हियरिंग एड, कॉविलयर इम्प्लान्ट, स्पीच-टू-टेक्स्ट, रियल-टाइम कैप्शनिंग, सांकेतिक भाषा पहचान, एआई चौटबॉट तथा वैयक्तिकृत अधिगम प्रणालियों ने श्रवण बाधित व्यक्तियों के लिए संचार, अधिगम, पुनर्वास और सामाजिक सहभागिता के नए अवसर प्रदान किए हैं। इन तकनीकों के माध्यम से न केवल शैक्षिक उपलब्धि, भाषा विकास, संप्रेषण कौशल एवं आत्मनिर्भरता को प्रोत्साहन मिला है, बल्कि समावेशी शिक्षा की अवधारणा को भी व्यावहारिक रूप से सशक्त बनाया गया है। यद्यपि डिजिटल विभाजन, तकनीकी लागत, प्रशिक्षित मानव संसाधनों की कमी, डेटा गोपनीयता, नैतिक चुनौतियाँ तथा भारतीय भाषाओं एवं भारतीय सांकेतिक भाषा के लिए सीमित एआई संसाधन जैसी बाधाएँ अभी भी विद्यमान हैं, फिर भी प्रभावी नीतिगत समर्थन, अनुसंधान एवं नवाचार, शिक्षकों के प्रशिक्षण तथा सरकारी एवं संस्थागत सहयोग के माध्यम से इन चुनौतियों का समाधान किया जा सकता है। भविष्य में कृत्रिम बुद्धिमत्ता आधारित स्मार्ट कक्षाएँ, बहुभाषी एआई, वर्चुअल एवं ऑगमेंटेड रियलिटी, वेयरबल एआई उपकरण तथा व्यक्तिगत पुनर्वास योजनाएँ श्रवण बाधित व्यक्तियों के लिए गुणवत्तापूर्ण शिक्षा एवं पुनर्वास सेवाओं को और अधिक सशक्त बनाएँगी। अतः यह कहा जा सकता है कि यदि कृत्रिम बुद्धिमत्ता का विकास समावेशी, नैतिकता, अभिगम्यता और समान अवसरों के सिद्धांतों के अनुरूप किया जाए, तो यह श्रवण बाधित व्यक्तियों के शैक्षिक, सामाजिक एवं व्यावसायिक सशक्तीकरण में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हुए सतत एवं समावेशी समाज के निर्माण में प्रभावी योगदान दे सकती है।

संदर्भ सूची

1. अमेरिकन स्पीच-लैंग्वेज-हियरिंग एसोसिएशन, (2024). श्रवण हानि के कारण। <https://www.asha.org>
2. अमेरिकन स्पीच-लैंग्वेज-हियरिंग एसोसिएशन, (2024). श्रवण हानि के प्रकार, स्तर एवं संरचना <https://www.asha-org>.
3. ब्रैग, डी., कोलर, ओ., बेलार्ड, एम., बर्क, एल., बौद्रॉल्ट, पी., ब्रैफोर्ट, ए., कासेली, एन., हूनरफाउथ, एम., काकोरी, एच., वेरहॉफ, टी., वोगलर, सी., एवं मॉरिस, एम. आर. (2019). सांकेतिक भाषा पहचान, निर्माण एवं अनुवाद: एक अंतःविषय दृष्टिकोण, 16.31। <https://doi-org/10.1145/3308561.3353774>

4. क्लार्क, जी. एम. (2003). कॉविलियर इम्प्लान्ट: मूल सिद्धांत एवं अनुप्रयोग Springer.
5. भारत सरकार. (2016). दिव्यांगजन अधिकार अधिनियम, 2016। विधि एवं न्याय मंत्रालय, भारत सरकार।
6. होल्म्स, डब्ल्यू., बायलिक, एम., एवं फाडेल, सी. (2019). शिक्षा में कृत्रिम बुद्धिमत्ता: शिक्षण एवं अधिगम के लिए संभावनाएँ और निहितार्थ। Center for Curriculum Redesign.
7. मेयो क्लिनिक. (2023). श्रवण हानि: निदान एवं उपचार। <https://www.mayoclinic.org>
8. मियाओ, एफ., होल्म्स, डब्ल्यू., हुआंग, आर., एवं झांग, एच. (2021). शिक्षा में कृत्रिम बुद्धिमत्ता: नीति-निर्माताओं के लिए मार्गदर्शन। UNESCO.
9. शिक्षा मंत्रालय, भारत सरकार. (2020). राष्ट्रीय शिक्षा नीति, 2020। भारत सरकार।
10. शिक्षा मंत्रालय, भारत सरकार. (2023). समग्र शिक्षा: क्रियान्वयन रूपरेखा। भारत सरकार।
11. रसेल, एस., एवं नॉरविग, पी. (2021). कृत्रिम बुद्धिमत्ता: एक आधुनिक दृष्टिकोण। Pearson.
12. यूनेस्को (UNESCO). (2020). वैश्विक शिक्षा निगरानी रिपोर्ट 2020: समावेशन एवं शिक्षा-सभी के लिए। UNESCO.
13. यूनेस्को (UNESCO). (2021). कृत्रिम बुद्धिमत्ता की नैतिकता पर अनुशंसा. UNESCO.
14. संयुक्त राष्ट्र (United Nations). (2015). हमारी दुनिया का रूपांतरणरू: सतत विकास हेतु 2030 एजेंडा। <https://sdgs.un.org/2030agenda>
15. विश्व स्वास्थ्य संगठन (2021). विश्व श्रवण रिपोर्ट. विश्व स्वास्थ्य संगठन।
16. विश्व स्वास्थ्य संगठन (2026). बहरापन एवं श्रवण हानि। <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss>

