ورقة بحثية مجلة مفتوحة الوصول

توظيف تطبيقات الذكاء الاصطناعي في مساعدة الأشخاص ذوي الإعاقة (الحركية – الحسّيّة – الإدراكيّة)

أ.د. مثنى القبيلي *، رنيم حسن **، لانا الوزة ***

*(كلية الهندسة، جامعة المنارة ، البريد الإلكتروني: mothanna.alkubeily@manara.edy.sy)

**(طالبة سنة ثالثة في قسم هندسة الروبوت والنظم الذَّكيَّة، جامعة المنارة، البريد الإلكتروني: raneem-hassan@outlook.com)

***(طالبة سنة ثالثة في قسم هندسة الروبوت والنظم الذَّكيَّة، جامعة المنارة، البريد الإلكتروني: lanaalwazzeh@gmail.com)

الملخص

لايزال الذكاء الاصطناعي يسهم في تطوير تقنيات جديدة وتحسين التقنيات الحالية التي من شأنها مساعدة الأشخاص ذوي الإعاقة في التغلب على العديد من التحديات والصعوبات التي تواجههم وعيش حياة أكثر استقلالية وحرية؛ ولا سيّما ذوي الإعاقة الحركية. حيث يمكن للكراسي المتحركة الذكية استخدام الذكاء الاصطناعي للتنقل بشكل مستقل، وتجنب العقبات، والاستجابة للأوامر الصوتية. ويمكن للأطراف الصناعية المدعومة بالذكاء الاصطناعي أن تتعلم التكيف مع حركات المستخدم وتوفير حركة أكثر طبيعية وكفاءة، كذلك الهياكل الخارجية التي تعمل بالذكاء الاصطناعي فهي تقدّم الدعم والمساعدة للأشخاص ذوي القدرة المحدودة على الحركة. كما أظهرت خوارزميات الذكاء الاصطناعي فعاليتها وكفاءتها في تطوير المُعينات السَّمعيَّة من خلال تضخيم صوت معين وتقليل الضوضاء في الخلفيّة وترجمة الكلام إلى نص، إضافة إلى إمكانية ضبط إعداداتها بما يتناسب مع بيئة المستخدم مما يساعد الأشخاص الذين يعانون من ضعف السمع على سماع الكلام بوضوح، وتتوافر العديد من التطبيقات المُتاحة التي تعمل على تحديد طبيعة المصدر الصوتي والتعرف على الكلام مما يسهل أيضاً عملية التواصل لدى هذه الفئة. كذلك الأمر بالنسبة للأشخاص ذوي الإعاقات البصرية، حيث تم إصدار تطبيقات مدعومة بالذكاء الاصطناعي تعمل على تحديد الكائنات الموجودة في بيئة المستخدم وتوفير معلومات عنها كاسمها ووصفها وموقعها؛ مما يسمح بتوفير معلومات كافية وواضحة حول البيئة المُحيطة ومساعدتهم على التنقل من خلال تزويدهم بالاتجاهات خطوة بخطوة إضافة إلى التحذيرات اللازمة لتجنب العوائق وتفادي الاصطدامات الممكنة. تمّ توظيف الذكاء الاصطناعي أيضاً بما يخدم الأشخاص ذوي الإعاقة الإدراكية، إذ يمكن لتطبيقات المساعد الشخصي المدعومة بالذكاء الاصطناعي أن تساعد في إدارة الجداول الزمنية وإنشاء قوائم المهام وتعيين التذكيرات، كما يمكن لتطبيقات إعادة التأهيل المعرفي المدعومة بالذكاء الاصطناعي أن تعمل على تحسين ذاكرتهم وانتباههم ومهاراتهم في حل المشكلات.

الكلمات المفتاحية: الذكاء الاصطناعي، التعلم الآلي، التعلم العميق، الشبكات العصبية، الشبكات العصبية التلافيفيّة، الرؤية الحاسوبية، الإعاقة، المُعينات السّمعية، الكراسي المتحركة، تطبيقات الهاتف المحمول.

ABSTRACT

Artificial intelligence continues to contribute to the development of new technologies and the improvement of existing technologies that will help people with disabilities overcome many of the challenges and difficulties they face and live a more independent and free life. Especially those with mobility disabilities, as smart wheelchairs can use artificial intelligence to move independently, avoid obstacles, and respond to voice commands. Artificial intelligence-supported prosthetics can learn to adapt to the user's movements and provide more natural and efficient movement. Artificial intelligence-powered exoskeletons also provide support and assistance to people with limited mobility. Artificial intelligence

algorithms have also shown their effectiveness and efficiency in developing hearing aids by amplifying sound. Certain settings, reducing background noise, and translating speech into text, in addition to the ability to adjust its settings to suit the user's environment, which helps people with hearing loss hear speech clearly. There are many applications available that work to determine the nature of the audio source and recognize speech, which makes it easier Also the communication process for this category. The same applies to people with visual disabilities, as applications supported by artificial intelligence have been released that work to identify objects in the user's environment and provide information about them such as their name, description, and location. This allows providing sufficient and clear information about the surrounding environment and helping them navigate by providing them with step-by-step directions in addition to the necessary warnings to avoid obstacles and avoid possible collisions. Artificial intelligence has also been employed to serve people with cognitive disabilities, as personal assistant applications supported by artificial intelligence can help manage schedules, create to-do lists, and set reminders. Cognitive rehabilitation applications supported by artificial intelligence can also work to improve their memory, attention, and solving skills. the problems.

Keywords _ Artificial intelligence, machine learning, deep learning, neural networks, convolutional neural networks, computer vision, disability, hearing aids, wheelchairs, mobile applications.

I. المقدمة

"الحاجة أم الاختراع"، ذلك ما قاله الفيلسوف العظيم أفلاطون وما تثبته التكنولوجيا كل يوم، فكلّما ازدادت احتياجات الناس، كلّما تضافرت جهود الباحثين بشكل معمّق وأكبر للعمل على تكنولوجيا أكثر سهولة في الاستخدام ويمكن للجميع الوصول إليها.[1]

وفقاً لبيانات منظمة الصحة العالمية World Health Organization (WHO)، يعيش أكثر من مليار شخص مع بعض الإعاقات الكبيرة اليوم أي ما يمثّل نسبة 15% من إجمالي التعداد السكانيّ حول العالم. تعرّف الإعاقة وفق WHO على أنها أي حالة جسدية أو ذهنية (ضعف) تجعل من الصعب على الشخص المصاب بها القيام بأنشطة معينة (تقييد النشاط) والتفاعل مع العالم من حوله (قيود المشاركة). للإعاقة ثلاثة أبعاد وفق ما جاءت به منظّمة الصحة العالمية:

1. ضعف في بنية جسد الشخص أو وظيفته، أو الأداء العقلي الخاص به، وتشمل أمثلة فقدان أحد الأطراف، فقدان البصر، أو فقدان الذاكرة.
2. تقييد النشاط المتمثل بصعوبة أي من الرؤية، السمع، المشي أو حل المشكلات.
3. قيود المشاركة في الأنشطة اليومية العادية كالعمل، مزاولة الأنشطة الاجتماعية والترفيهية، والحصول على الرعاية الصحية والخدمات الوقائية. [2]

تُقسم الإعاقات بشكل رئيسي إلى ما يلي:

1. الإعاقات الجسدية: تؤثر هذه الإعاقات على قدرة الشخص على التحرك أو استخدام جسمه بطريقة طبيعية. تشمل أمثلة الإعاقات الجسدية إصابات النخاع الشوكي، والشلل الدماغي، وضمور العضلات.
2. الإعاقات الحسية: تؤثر هذه الإعاقات على قدرة الشخص على الرؤية أو السمع أو التواصل. ويعدّ العمى والصمم واضطراب طيف التوحد أمثلة عن الإعاقات الحسية.
3. الإعاقات الإدراكية: تؤثر هذه الإعاقات على قدرة الشخص على التفكير والتعلم والتذكر. تشمل أمثلة الإعاقات الإدراكية الإعاقة الذهنية، ومتلازمة داون، وصعوبات التعلم.

عموماً تتضافر الجهود لتطوير التكنولوجيا مع تزايد الحاجة لها علماً أن شريحة الأشخاص ذوي الإعاقة باتت واسعة على نطاق

العالم بأكمله. وقد أصبح الذكاء الاصطناعي محط اهتمام فيما يتعلق بإعانة ذلك القطاع بغية جعل الحياة اليومية لممثليه مرنة كما تلك الخاصة بأقرانهم من أولئك الأشخاص العاديين، فقد فتح طرقاً جديدة وأبسط لإدارة الأنشطة الاعتيادية بقدرته الكبيرة على أتمتة المهام التي تتطلب الذكاء البشري عادةً، مثل التعرف على الكلام والصوت، والإدراك البصري، ووظيفة النص التنبؤي، واتخاذ القرار وأداء غيرها الكثير من المهام المتنوعة الأخرى. يمكن للذكاء الاصطناعي مساعدة الأفراد ذوي الإعاقة بإحداث فرق كبير في قدرتهم على التجول والمشاركة في أنشطة الحياة اليومية من خلال تسهيل إنشاء أدوات تفاعلية تدعم إمكانية الوصول الجسدي والاستقلال. [3]

II. الذكاء الصنعي ARTIFICIAL INTELLIGENCE

أ. مفهوم الذكاء الاصطناعي – The Concept of Artificial Intelligence (AI)

يشير هذا المفهوم إلى محاكاة الذكاء البشري في الآلات المبرمجة بغية الوصول بهم إلى تفكير وتصرفات تماثل تلك التي لدى البشر، ينطوي الذكاء الاصطناعي على تطوير الخوارزميات والبرمجيات بحيث تكون قادرة على أداء المهام التي تتطلب عادة الذكاء البشري مثل الإدراك البصري، والتعرف على الكلام، واتخاذ القرار، وترجمة اللغة. يتمتع الذكاء الاصطناعي بالقدرة على إحداث ثورة في العديد من الصناعات ولديه مجموعة واسعة من التطبيقات، بدءاً من المساعدين الشخصيين الافتراضيين وحتى السيارات ذاتية القيادة.

ب. منهجيّات الذكاء الاصطناعي – Approaches of AI

فيما يلي سيتم إيضاح الأفكار الكامنة وراء كل منهجيّة للذكاء الاصطناعي:

- التصرف كالبشر (منهجيّة اختبار **Turing**)

Acting Humanly (The Turing Test Approach)

تم تصميم هذه المنهجيّة بواسطة Alan Turing. المفهوم الأساسي الذي تقوم عليه هو أن الحاسوب يجتاز الاختبار إذا لم يتمكن المحقق البشري _بعد طرح بعض الأسئلة المكتوبة_ من تحديد ما إذا كانت الإجابات المكتوبة تأتي من إنسان أم من جهاز حاسوب.

- التفكير كالبشر (منهجيّة النمذجة المعرفية)

Thinking Humanly (The Cognitive Modelling Approach)

الفكرة وراء هذه المنهجيّة هي تحديد ما إذا كان الحاسوب يفكر مثل الإنسان.

- التفكير العقلاني (منهجيّة "قوانين الفكر")

Thinking Rationally (The "Laws of Thought" Approach)

الفكرة هنا هي تحديد ما إذا كان الحاسوب يفكر بعقلانية وبشكل منطقي.

- التصرف بعقلانية (منهجيّة الوكيل العقلاني)

Acting Rationally (The Rational Agent Approach)

يقصد بها تحديد ما إذا كان الحاسوب يتصرف بعقلانية.

- منهجيّة التعلم الآلي Machine Learning Approach

تتضمن هذه المنهجيّة تدريب الآلات على التعلم من البيانات وتحسين الأداء في مهام محددة بمرور الوقت. يتم استخدامه على نطاق واسع في مجالات مثل التعرف على الصور والكلام، معالجة اللغة الطبيعية، وأنظمة التوصية.

- المنهجيّة التطورية **Evolutionary Approach**

هذه المنهجيّة مستوحاة من عملية الانتقاء الطبيعي في علم الأحياء، والذي يتضمن إنشاء واختبار عدد كبير من الأشكال المختلفة لحل مشكلة ما، ثم اختيار ودمج أكثر الأشكال المختلفة نجاحاً لإنشاء جيل جديد من الحلول.

- منهجيّة الشبكات العصبية **Neural Networks Approach**

تتضمن هذه المنهجيّة بناء شبكات عصبية اصطناعية تم تصميمها على غرار بنية ووظيفة الدماغ البشري بغية استخدامها لمهام مثل التعرف على الأنماط والتنبؤ واتخاذ القرار.

➢ منهجيّة المنطق الضبابي Fuzzy Logic Approach

وتتضمن الاستدلال بمعلومات غير مؤكدة وغير دقيقة، وهو أمر شائع فيما يتعلق بنمذجة الأنظمة المعقدة والتحكم فيها في مجالات الروبوتات والتحكم بالسيارات والأتمتة الصناعية.

➢ المنهجيّة الهجينة Hybrid Approach

تجمع هذه المنهجيّة بين تقنيات الذكاء الاصطناعي المتعددة لحل المشكلات المعقدة. على سبيل المثال، قد تستخدم المنهجيّة الهجينة التعلم الآلي لتحليل البيانات وتحديد الأنماط، ليلحق بذلك التفكير المنطقي بهدف اتخاذ القرارات بناءً على تلك الأنماط. [4]

III. التعلم الآلي – MACHINE LEARNING

أ. مفهوم التعلم الآلي The Concept of Machine Learning

يعدّ التعلم الآلي مجالاً فرعيًّا من الذكاء الاصطناعي يركّز على إنشاء خوارزميات يمكنها تعلم سلوك معين من البيانات دون اللجوء للبرمجة الصريحة، يتم ذلك من خلال تحليل البيانات وتحديد الأنماط والعلاقات التي يمكن استخدامها لإنشاء تنبؤات أو اتخاذ قرارات. [5]

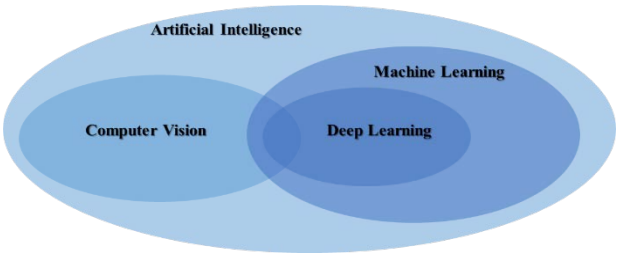
ب. وظائف نظام التعلم الآلي The functions of a Machine Learning System

قد تكون وظيفة نظام التعلم الآلي:

- وصفية descriptive، بمعنى أن النظام يستخدم البيانات لتفسير ما حدث.
- تنبؤية predictive، بمعنى أن النظام يستخدم البيانات للتنبؤ بما سيحدث.
- توجيهية prescriptive، بمعنى أن النظام سيستخدم البيانات لتقديم اقتراحات حول الإجراء الذي يتعين اتخاذه.

ت. أنواع التعلم الآلي Machine Learning Types

يمكن تقسيم التعلم الآلي من حيث آليّة التّدريب إلى ما يلي:



الشكل 1: فروع الذكاء الاصطناعي

➢ التعلم الخاضع للإشراف – Supervised Learning

يتم تزويد النموذج بمجموعة بيانات مُصنَّفة labeled، ويتم تدريبها على إيجاد العلاقة بين المدخلات والمخرجات، مما يسمح بالتعلم والنمو بشكل أكثر دقة مع مرور الوقت، ويُعدّ النوع الأكثر شيوعاً المُستَخدم اليوم في مجموعة واسعة من التطبيقات، بما في ذلك تصنيف الصور، وتصنيف النص، والتنبؤ بالطقس، والتنبؤ بالطلب.

➢ التعلم غير الخاضع للإشراف – Unsupervised Learning

يتم تدريب النموذج على إيجاد الأنماط والعلاقات في البيانات نفسها والتي تكون غير مُصنَّفة unlabeled، ويستخدم لاكتشاف التسلل، وتقسيم العملاء، وتوصية المنتجات.

➢ التعلّم المُعزَّز – Reinforcement Learning

يتم التدريب من خلال التجربة Trial والخطأ Error على اتخاذ أفضل إجراء من خلال إنشاء نظام مكافآتReward System عند اتخاذ القرارات الصحيحة، مما يساعد على تعلم الإجراءات التي يجب اتخاذها مع مرور الوقت، تُستخدم نماذج التعلم الآلي المعزز في تطبيقات مثل لعب الألعاب، وتدريب المركبات ذاتية القيادة، والتحكم في الروبوتات.

IV. التعلم العميق – DEEP LEARNING

أ. مفهوم التعلم العميق – Deep Learning Concept

التعلم العميق هو أحد فروع التعلم الآلي والمعتمد في حل المشكلات المعقدة على الشبكات العصبية الاصطناعية المعروفة أيضاً باسم الشبكات العصبية العميقة التي تجعله قادراً على تعلم الأنماط

والعلاقات المعقدة داخل البيانات دون الحاجة لبرمجة كل شيء بشكل صريح، فتلك الشبكات مستوحاة من بنية ووظيفة الخلايا العصبية البيولوجية في الدماغ البشري، ومصممة للتعلم من كم ضخم من البيانات. تزايد تداول استخدام التعلم العميق مع تقدم قوة المعالجة وتوافر بيانات بحجوم تخزين هائلة خلال السنوات الأخيرة، وحقق نجاحات كبيرة في مختلف المجالات فقد أصبح اليوم واحداً من أكثر مجالات التعلم الآلي شيوعاً وظهوراً، نظراً لنجاحه في مجموعة متنوعة من التطبيقات، مثل الرؤية الحاسوبية، ومعالجة اللغة الطبيعية، والتعلم المعزز.

ب. استخدام التعلم العميق في خوارزميات التعلم الآلي – Using Deep Learning in Machine Learning Algorithms

قد يُستخدم التعلم العميق لصالح خوارزميات التعلم الآلي سواء أكانت خاضعة للإشراف أو تلك غير الخاضعة له وحتى التعلم الآلي المعزز وذلك وفق ما يلي:

- التعلم الآلي الخاضع للإشراف – Supervised Machine Learning

أسلوب التعلم الآلي الذي تتعلم الشبكة العصبية من خلاله كيفية التنبؤ أو تصنيف البيانات بناءً على مجموعات بيانات تدريب مُصنَّفة labeled dataset تُلقَّن بالمدخلات features والمخرجات الموافقة لها target variables. يتم التنبؤ وفقاً للخطأ المتمثل بالفرق بين الخرج المتوقع والخرج الفعلي، وتعرف هذه العملية بالانتشار العكسي. تُستخدم خوارزميات التعلم العميقة – بكونها على سبيل المثال شبكات عصبية تلافيفية Convolutional Neural Networks (CNNs) وشبكات عصبية متكررة Recurrent Neural Networks (RNNs) في العديد من المهام الخاضعة للإشراف مثل تصنيف الصور والتعرف عليها، وتحليل المشاعر، وترجمات اللغة، وما إلى ذلك.

- التعلم الآلي غير الخاضع للإشراف – Unsupervised Machine Learning

أسلوب التعلم الآلي الذي تتعلم فيه الشبكة العصبية اكتشاف الأنماط أو تجميع البيانات بناءً على مجموعات بيانات تدريب غير مُصنَّفة unlabeled dataset. يتعين على الشبكة أن تحدد بنفسها الأنماط أو العلاقات المخفية داخل مجموعات البيانات لعدم وجود المخرجات الموافقة ضمن ما يُلقّن به النموذج. تُستخدم خوارزميات التعلم العميق مثل أجهزة التشفير التلقائي auto encoders والنماذج التوليديةmodels generative في المهام غير الخاضعة للإشراف المتمثلة بالتجميع ضمن عناقيد واكتشاف الحالات الشاذة.

- التعلم الآلي المعزز – Reinforcement Machine Learning

أسلوب التعلم الآلي الذي تتعلم من خلاله الآلة اتخاذ القرارات في بيئة لتعظيم إشارة المكافأة أو الثواب المتناسبة طرداً مع القرارات الصائبة. يمكن استخدام التعلم العميق لتعلم الإجراءات، التي من شأنها زيادة المكافأة التراكمية بمرور الوقت. تُستخدم خوارزميات التعلم المعزز العميق لتعزيز مهام مثل الروبوتات ولعب الألعاب وذلك كما في شبكات Deep Q و Deep Deterministic Policy Gradient (DDPG).

ت. الفرق بين التعلم الآلي والتعلم العميق Difference Between Machine Learning and Deep Learning

يعد كل من التعلم الآلي والتعلم العميق مجموعتين فرعيتين من الذكاء الاصطناعي ولكن هناك العديد من أوجه التشابه والاختلاف تم توضيحها في الجدول أدناه:

Deep Learning	Machine Learning
استخدام بنية الشبكة العصبية الاصطناعية للتعرف على الأنماط والعلاقات المخفية في مجموعة البيانات	تطبيق الخوارزميات الإحصائية لمعرفة الأنماط والعلاقات المخفية في مجموعة البيانات.

يتطلب حجماً أكبر من مجموعة البيانات مقارنةً بالتعلم الآلي	يمكن أن تعمل على مجموعة بيانات بحجوم تخزين أقل
أفضل للمهام المعقدة مثل معالجة الصور ومعالجة اللغة الطبيعية وما إلى ذلك.	أفضل في حال المهام ذات التصنيف المنخفض.
يستغرق وقتاً أطول لتدريب النموذج.	يستغرق وقتاً أقل لتدريب النموذج.
يتم استخراج الميزات ذات الصلة تلقائيًا من الصور. إنها عملية تعلم شاملة	يتم إنشاء النموذج من خلال الميزات ذات الصلة التي يتم استخراجها يدوياً من الصور لاكتشاف كائن في الصورة.
أكثر تعقيداً وينتج عنها ما يصعب تفسيره أو فهمه	أقل تعقيداً وبنتيجة سهلة التفسير.
يتطلب جهاز حاسوب عالي الأداء مزوداً بوحدة معالجة الرسومات.	يمكن أن يعمل على وحدة المعالجة المركزية أو يتطلب طاقة حاسوبية أقل مقارنة بالتعلم العميق.

ث. الشبكات العصبية الاصطناعية Artificial Neural Networks (ANN)

الشبكات العصبية الاصطناعية وتُعرف أيضاً باسم الشبكات العصبية neural networks أو العقد العصبية neural nets وهي شبكات مبنية وفق مبادئ عمل الخلايا العصبية البشرية، تتلقى مدخلاتها من مصادر خارجية بواسطة إحدى الطبقات المكونة لها ألا وهي طبقة الإدخال والتي تقوم بدورها بتمرير البيانات إلى الطبقة المخفية وهي الطبقة التي تليها، وفيها تحسب الخلايا العصبية _ بعد تلقيها البيانات _ الوزن الإجمالي للبيانات على اعتبار أن الخلايا من كل طبقة متصلة بخلايا الطبقة التالية والسابقة بوصلة يُعبّر عن قيمتها بالوزن بكونه افتراض حول كيفية ارتباط البيانات الموجودة بطبقة بتلك الموجودة في التي تليها ويُعدّل أثناء عملية التدريب لتحسين أداء النموذج، ثم تنتقل البيانات إلى الخلايا العصبية في الطبقة التالية والتي قد تكون طبقة مخفية أخرى أو الطبقة النهائية التي ستعطي بيانات قيّمة تمثل استجابة الشبكة للبيانات الواردة إليها.

ج. أنواع الشبكات العصبية Neural Networks Types

نماذج التعلم العميق قادرة على تعلم الميزات تلقائياً من البيانات، مما يجعلها مناسبة تماماً لمهام مثل التعرف على الصور، والتعرف على الكلام، ومعالجة اللغة الطبيعية. البنى الأكثر استخداماً في التعلم العميق هي الشبكات العصبية ذات التغذية المتقدمة، والشبكات العصبية التلافيفية (CNNs)، والشبكات العصبية المتكررة (RNNs).

- الشبكات العصبية ذات التغذية الأمامية (FNNs) Feedforward Neural Networks

أبسط أنواع ANNs، مع تدفق خطي للمعلومات عبر الشبكة. تم استخدام FNNs على نطاق واسع لمهام مثل تصنيف الصور والتعرف على الكلام ومعالجة اللغة الطبيعية.

- الشبكات العصبية التلافيفية (CNNs) Convolutional Neural Networks

مخصصة لمهام التعرف على الصور والفيديو. تستطيع شبكات CNN التعرف تلقائياً على الميزات من الصور، مما يجعلها مناسبة تماماً لمهام مثل تصنيف الصور واكتشاف الكائنات وتجزئة الصورة.

- الشبكات العصبية المتكررة (RNNs) Recurrent Neural Networks

هي نوع من الشبكات العصبية القادرة على معالجة البيانات المتسلسلة، مثل السلاسل الزمنية واللغة الطبيعية. شبكات RNN قادرة على الحفاظ على حالة داخلية تلتقط المعلومات حول المدخلات السابقة، مما يجعلها مناسبة تماماً لمهام مثل التعرف على الكلام، ومعالجة اللغة الطبيعية، وترجمة اللغة.

ح. تطبيقات التعلم العميق Deep Learning Applications

يمكن تقسيم التطبيقات الرئيسية للتعلم العميق إلى الرؤية الحاسوبية، ومعالجة اللغة الطبيعية Natural Learning (NLP) Processing، والتعلم المعزز.

➢ الرؤية الحاسوبية Computer Vision

يمكن لنماذج التعلم العميق تمكين الآلات من تحديد البيانات المرئية وفهمها. تتضمن بعض التطبيقات الرئيسية للتعلم العميق في الرؤية الحاسوبية ما يلي:

❖ اكتشاف العناصر والتعرف عليها

يمكن استخدام نموذج التعلم العميق لتحديد موقع العناصر في الصور ومقاطع الفيديو، مما يجعلها مفيدة وقابلة للتطبيق لإنجاز مهام السيارات ذاتية القيادة.

❖ تصنيف الصور

يمكن استخدام نماذج التعلم العميق لتصنيف الصور إلى فئات مثل الحيوانات والنباتات والمباني، الأمر الذي من شأنه دخول تطبيقات التصوير الطبي ومراقبة الجودة واسترجاع الصور.

❖ تجزئة الصور

يمكن استخدام نماذج التعلم العميق لتجزئة الصور إلى مناطق مختلفة، مما يجعل من الممكن تحديد ميزات محددة داخل الصور.

➢ معالجة اللغة الطبيعية Natural language (NLP) processing

في البرمجة اللغوية العصبية، يمكن لنموذج التعلم العميق أن يمكّن الآلات من فهم اللغة البشرية وتوليدها. تتضمن بعض التطبيقات الرئيسية للتعلم العميق في البرمجة اللغوية العصبية ما يلي:

❖ إنشاء النص تلقائياً

يمكن لنموذج التعلم العميق أن يتعلم الجزء الأساسي لنص وما يليه، وبذلك بات من الممكن إنشاء الملخصات والمقالات تلقائيًا باستخدام هذه النماذج المدربة.

❖ ترجمة اللغة

يمكن لنماذج التعلم العميق ترجمة النص من لغة إلى أخرى، مما يجعل من الممكن التواصل مع أشخاص من خلفيات لغوية مختلفة.

❖ تحليل المشاعر

يمكن لنماذج التعلم العميق تحليل المشاعر في جزء من النص، مما يجعل من الممكن تحديد ما إذا كان النص إيجابيًا أم سلبيًا أم محايداً. يُستخدم هذا في تطبيقات مثل خدمة العملاء ومراقبة وسائل التواصل الاجتماعي والتحليل السياسي.

❖ التعرف على الكلام

يمكن لنماذج التعلم العميق التعرف على الكلمات المنطوقة ونسخها، مما يجعل من الممكن تنفيذ مهام مثل تحويل الكلام إلى نص، والبحث الصوتي، وأجهزة التحكم الصوتي.

➢ التعلم المعزز Reinforcement Learning

يعمل التعلم العميق بمثابة المدرب للآلة عند اتخاذ الإجراءات التي من شأنها تعظيم إشارة الثواب إلى أقصى حد عن طريق التجاوب والتفاعل مع البيئة. تتضمن بعض التطبيقات الرئيسية للتعلم العميق في التعلم المعزز ما يلي:

❖ ممارسة الألعاب

تمكنت نماذج التعلم المعزز العميق من التغلب على الخبراء البشريين في ألعاب مثل Go و Chess و Atari.

❖ الروبوتات

يمكن استخدام نماذج التعلم المعزز العميق لتدريب الروبوتات على أداء مهام معقدة مثل الإمساك بالأغراض، والتنقل، والتلاعب.

❖ أنظمة التحكم

يمكن استخدام نماذج التعلم المعزز العميق للتحكم في الأنظمة المعقدة مثل شبكات الطاقة، وإدارة حركة المرور.

خ. مزايا التعلم العميق Deep Learning Advantages

تحقيق أداء متطور في مهام مختلفة، مثل التعرف على الصور ومعالجة اللغة الطبيعية.

➢ التوسع للتعامل مع مجموعات البيانات الضخمة والمعقدة.

- التطبيق في مجموعة واسعة من المهام وإمكانية التعامل مع أنواع مختلفة من البيانات، مثل الصور والنصوص والكلام.
- إمكانية تحسين الأداء باستمرار مع توفر المزيد من البيانات.

د. تحديات التعلم العميق Deep Learning Challenges

- يتطلب كميات كبيرة من البيانات للتعلم منها.
- مكلف حسابيًا لأنه يتطلب أجهزة متخصصة مثل وحدات معالجة الرسومات ووحدات TPU.
- أثناء العمل على البيانات المتسلسلة اعتماداً على المورد الحسابي، يمكن أن يستغرق الأمر وقتاً كبيراً جداً قد يصل لأيام أو أشهر.
- نماذج التعلم العميق معقدة بشكل كبير وبالتالي يعد من الصعب جداً تفسير النتيجة.
- عندما يتم تدريب النموذج مراراً وتكراراً، فإنه يصبح متخصصاً جداً بالنسبة لبيانات التدريب، مما يؤدي إلى ضعف الأداء على البيانات الجديدة. [6]

V. الرؤية الحاسوبيّة – COMPUTER VISION

أ. مفهوم الرؤية الحاسوبيّة – The Concept of Computer Vision

تُعرَّف الرؤية الحاسوبية على أنّها علم استخراج المعلومات من الصور الرقمية، وبناء خوارزميات يمكنها فهم محتوى الصور واستخدامها في التعرف على ماهيّة العناصر وتصنيفها وقياس المساحات والتتبّع. [7]

ب. استخراج المعلومات من الصور Extracting Information from Images

في الرؤية الحاسوبية، يمكن تقسيم المعلومات المُستخرَجة من الصور إلى فئتين:

- القياسات – Measurements: تشير إلى البيانات الكمية التي يمكن استخراجها من الصورة، كالحجم والشكل واللون وموقع العناصر في الصورة، حيث يتم استخدامها غالباً في عمليّة تجزئة الصّورة Image Segmentation التي تعتمد على تحديد المناطق فيها بناءً على الخصائص المميزة لكل منها، إضافة إلى عملية إعادة بناء نموذج ثلاثي الأبعاد 3D Reconstruction انطلاقاً من الصّور.
- المعلومات الدلالية – Semantic Information: وهي البيانات النوعية التي يمكن استخراجها من الصورة، والتي تفيد في عملية التعرف على الكائنات Object Recognition حيث يتمّ تطوير خوارزميات للتعرف على أنماط patterns وأشكال مميزة في الصورة لتحديد كل كائن عن طريق تقسيمها إلى مجموعة من البكسلات متشابهة في هذه الأنماط، كذلك الأمر في عمليّة فهم المشهد Scene Understanding حيث تتطلب فهم المعنى الدلالي للكائنات ضمن الصّورة والعلاقات فيما بينها. [7]

ت. تطبيقات الرؤية الحاسوبيّة Applications of Computer Vision

- التعرف الضوئيّ على الأحرف Optical Character Recognition

يعدّ أحد أقدم التطبيقات الناجحة للرؤية الحاسوبية ولاسيما لقراءة الرموز البريدية ولوحات الترخيص وغيرها، إذ تُستخدم الرؤية الحاسوبيّة لتحويل الصور النصية المطبوعة أو المكتوبة بخط اليد إلى نص مشفر آليّاً وذلك باستخدام خوارزميات التعرف على الأنماط والتي يمكنها تحديد الأحرف والأرقام في الصورة، كذلك يتأثّر أداؤها بالعديد من العوامل المُتعلِّقة بجودة الصورة (كالتشوه والضوضاء) وتنوع الأنماط (من حيث اللون والشّكل) والظروف البيئية (كالإضاءة والانعاكسات). [8]

- السيارت ذاتية القيادة Self-driving Cars

تستخدم الرؤية الحاسوبية في السيارات ذاتية القيادة لجمع المعلومات حول البيئة المحيطة، وذلك من خلال اكتشاف العناصر في الصور والفيديوهات والتي يتم تحديدها باستخدام خوارزميات التعرف على الكائنات Object Recognition، كما تفيد في التّتبّع Tracking من خلال تحديد مواقع هذه الكائنات ضمن الصورة، بالإضافة إلى إمكانيّة تقدير المسافات الفاصلة بينها وبين السيارة، كذلك فهم البيئة المحيطة بالسيارة عن طرق تحديد خصائصها المختلفة مثل حركة المركبات واتجاهها ونوع الطريق

والإشارات المرورية، ممّا يخدم خوارزميات التوجيه والتحكم في سرعة وتسارع السيارة. [9]

- التفاعل القائم على الرؤية – Vision-based interaction

تستخدم الرؤية الحاسوبية في التفاعل القائم على الرؤية لإنشاء تجارب تفاعلية مع المستخدمين تعتمد على تحليل البيانات المرئية من خلال تحديد حركات المستخدمين وإيماءاتهم وتعبيراتهم الوجهية، والتي يمكن الاستفادة منها فيما بعد لتحديد كيفية تفاعل المستخدمين مع النظام، مثل استخدام حركة العين للاختيار بين الخيارات أو التنقل عبر القوائم، وتحليل تعابيرهم الوجهية لتقييم أداء النظام، كذلك لتسجيل الدخول أو تخصيص التجارب للمستخدمين.

- الواقع المُعزَّز – Augmented Reality

يمكن استخدام الرؤية الحاسوبية لإنشاء تجارب واقعية ومتفاعلة للمستخدمين من خلال تحديد محيط المستخدم وعناصر العالم الحقيقي، والتي يمكن استخدامها بعد ذلك لعرض المحتوى الرقمي المعزز في العالم الحقيقي، إضافة لفعاليتها في التعرف على حركة المستخدم كحركة العين والرأس واليدين، حبث يمكن الاستفادة من هذه المعلومات في تحليل تفاعل المستخدم مع المحتوى الرقمي المعزز. [10]

- الواقع الافتراضي Virtual Reality

يستخدم الواقع الافتراضي تقنيات رؤية حاسوبية مشابهة لتلك المستخدمة في الواقع المعزز، إذ أنَّه من الضروري معرفة موقع المستخدم ومواقع جميع الكائنات المحيطة به، إضافة إلى تحديث كل المعطيات بطريقة واقعية وسلسة بالتزامن مع تحرُّك المستخدم. [7]

VI. استخدام الذكاء الاصطناعي لدعم الأشخاص ذوي الإعاقة AI-Powered Aids for People with Disability

أ. استخدام الذكاء الاصطناعي لدعم الأشخاص ذوي الإعاقة الحركية AI-Powered Aids for People with Mobility Disability

يمكن تطبيق الذكاء الاصطناعي في تطوير الكراسي المتحركة للأشخاص ذوي الإعاقة الحركية بعدة طرق، منها:

- التحكم في الكرسي المتحرك – Wheelchair Control

❖ الكراسي المتحركة ذات واجهة الدماغ والحاسوب Brain-Computer Interface (BCI) Wheelchairs: تستخدم إشارات الدماغ للتحكم في حركة الكرسي المتحرك، حيث يعد هذا النوع من الكراسي خياراً مفيداً للأشخاص الذين يعانون من إعاقات حركية شديدة والذين لا يستطيعون استخدام عصا التحكم التقليدية أو أدوات التحكم.

❖ الكراسي المتحركة بواسطة تتبع العين Eye-tracking Wheelchairs: تستخدم حركات العين للتحكم في حركة الكرسي المتحرك، إذ أنها تناسبُ الأشخاص ذوي القدرة المحدودة في تحريك اليد أو الذراع.

❖ الكراسي المتحركة التي يتم التحكم فيها بالإيماءات Gesture-controlled Wheelchairs: تستخدم إيماءات اليد أو الجسم للتحكم في حركة الكرسي المتحرك. يمكن أن تكون خيارًا مفيدًا للأشخاص ذوي القدرة المحدودة على حركة اليد أو الذراع.

❖ الكراسي المتحركة التي يتم التحكم فيها صوتياً Voice-controlled Wheelchairs: تستخدم الأوامر الصوتية للتحكم في حركة الكرسي المتحرك، كذلك تفيد الأشخاص ذوي القدرة المحدودة في تحريك اليد أو الذراع.

❖ الكراسي المتحركة المستقلة Autonomous Wheelchairs: تستخدم الكراسي المتحركة المستقلة أجهزة الاستشعار والذكاء الاصطناعي للتنقل بشكل

مستقل اعتماداً على العديد من تقنيات التنقل، مثل نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) وقياس المسافة والمعالم المرئية، حيث يمكن برمجتها لاتباع طرق محددة، وتجنب العوائق، وحتى الاستجابة للأوامر الصوتية. وعلى الرغم من أنها لا تزال قيد التطوير، إلّا أنها قادرة على إحداث أثر واضح في حياة الأشخاص ذوي الإعاقة وذلك من خلال توفير قدر أكبر من الاستقلالية والحرية.

- التنقل – Navigation: يمكن استخدام الذكاء الاصطناعي لجعل الكراسي المتحركة أكثر قدرة على المناورة والقدرة على التنقل في بيئات مختلفة، من خلال خوارزميات تخطيط المسار بما يضمن تجنب العوائق، أو لتوجيه الكرسي المتحرك إلى المكان المطلوب.
- الأمان والسلامة – Safety: يمكن استخدام الذكاء الاصطناعي لجعل الكراسي المتحركة أكثر أماناً من خلال:
  - تجنب العوائق: يمكن للكراسي المزودة بأجهزة الاستشعار اكتشاف العوائق وتجنبها، مثل السلالم والأرصفة والأشخاص الآخرين، مما يسهم في تقليل مخاطر الحوادث والإصابات.
  - التحذير من الاصطدامات المحتملة: وهذا ما يساعد المستخدمين على اتخاذ إجراءات مراوغة وتجنب وقوع الحوادث.
  - اكتشاف السقوط والوقاية منه: من خلال اكتشاف متى يكون المستخدم معرضاً لخطر السقوط واتخاذ خطوات لمنع ذلك، مثل إبطاء الكرسي المتحرك أو إيقافه.
  - المساعدة في التنقل: إذ أنّها تساعد المستخدمين على التنقل بأمان في البيئات المعقدة كالشوارع المزدحمة أو المطارات، ومنهُ تجنب الضياع والارتباك.
  - المساعدة في حالات الطوارئ: يمكن تجهيز الكراسي المتحركة بميزات الطوارئ، مثل القدرة على طلب المساعدة أو إرسال إشارة استغاثة، الأمر الذي يسمح بالحصول على المساعدة بسرعة في حالات الطوارئ. [11] [12] [13]

تمّ إصدار نسخ مطوّرة من الكراسي المتحركة التي تعتمد على الذكاء الاصطناعي في حركتها من قبل العديد من الشركات، نذكر منها:

- كرسي متحرك ذكي من شركة WHILL : يستخدم هذا الكرسي حسّاسات وكاميرات لاكتشاف العوائق وتجنبها، يمكن أيضاً التحكم فيه باستخدام الأوامر الصوتية أو الإيماءات.
- كرسي متحرك مدعوم بالذكاء الاصطناعي من شركة Ekso Bionics: يستخدم هذا الكرسي المتحرك الذكي نظاماً قائماً على الذكاء الاصطناعي لمساعدة المستخدم على التنقل في بيئات مختلفة واكتشاف حالات الطوارئ واتخاذ الإجراءات اللازمة.
- كرسي متحرك مزود بنظام تتبع الحركة من شركة Ottobock: يستخدم هذا الكرسي المتحرك الذكي نظام تتبع الحركة لمساعدة المستخدم على التنقل كذلك تجنب العوائق وتحديد مسارات آمنة للسفر.

- تطبيقات للهواتف المحمولة مدعومة بالذكاء الاصطناعي لمساعدة الأشخاص ذوي الإعاقة الحركية AI-Powered Mobile Applications for People with Mobility Disabilities
  - Wheelmap، حيث يمكن للمستخدمين العثور على أماكن يمكن الوصول إليها بواسطة الكراسي المتحركة على خريطة افتراضية لمناطق مثل المطاعم والمقاهي والمراحيض والمحلات التجارية ودور السينما ومواقف السيارات ومحطات الحافلات وغير ذلك الكثير. تم تصميم Wheelmap على OpenStreetMap ويمكن للجميع تحسين البيانات المخزنة في خريطة العالم هذه عبر الإنترنت من خلال تحديد المواقع والمساهمة بالتعليقات وتحميل الصور[1]. يستخدم Wheelmap خوارزميات التعلم الآلي لتحديد وتصنيف الأماكن

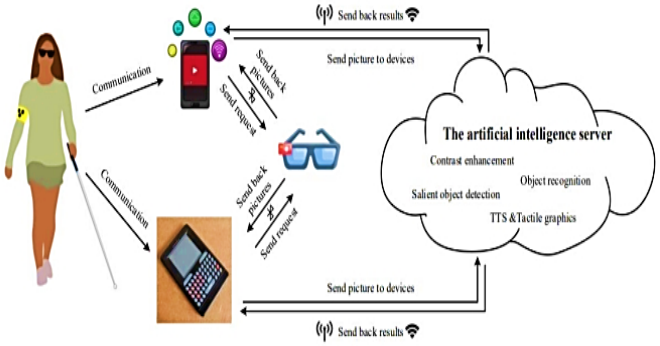
المتاحة لمستخدمي الكراسي المتحركة، كما أنه يستخدم معالجة اللغة الطبيعية لفهم معنى المراجعات والتقييمات المقدمة من المستخدم، مما يسمح بإنشاء معلومات أكثر شمولاً ودقة حول إمكانية الوصول.

ب. استخدام الذكاء الاصطناعي لدعم الأشخاص ذوي الإعاقة البصرية AI-Powered Aids for People with Visual Disability

لا يستطيع الأشخاص ضعيفي البصر الوصول إلى المعلومات عن طريق قراءة النّص كما يفعل الأشخاص العاديّون، الأمر الذي يمثّل مشكلة خطيرة تعترض عملية التعلّم. تتطلّب كتب برايل حيّزاً أكبر للكلمة الواحدة مما تفعله الكتابة العادية، وعليه لا يوجد سوى بضع مئات من الكلمات في كل صفحة حتى مع كونها ذات مساحة واسعة. إن جودة التجليد والورق الخاصة تجعل كتب برايل هذه أقوى وأكثر متانة، كما أن مواد طباعتها قليلة ومتباعدة. كل ما قد ذُكِر من خصائص مميزة يجعل من الصعب اللجوء إلى برايل في كل ما يتعلق بالحياة اليومية، إذ قد تزعج المكفوفين في بعض المواقف بشكل كبير. لذلك، يركز العديد من الباحثين على تطوير أنظمة لمساعدة الأشخاص ضعاف البصر على القراءة. يقدم البحث [14] استخدام الكتب الصوتية DAISY-WIBORD للتعلّم من قبل الطلاب في مدرسة المكفوفين. أفاد معظم الطلاب أنهم راضون عن المحتوى التعليمي للكتب الصوتية، فهم قادرين على تجربة الأصوات المتعددة للقرّاء واختيار الصوت الذي يناسبهم أكثر. يقوم القارئ الذّكيّ الموجود في البحث [15] بتسجيل النصوص في الصور، والتعرّف على النصوص، وتوليد نتائج تحويل النص إلى كلام بمساعدة الكاميرا المدمجة الموجودة في النظارات، ليُرسَل في نهاية المطاف إلى سماعة الأذن.

إضافة إلى المساعدة في القراءة، تسمح أجهزة الاستشعار بالموجات فوق الصوتية الموجودة في الأجهزة المخصصة للأشخاص ضعاف البصر بالحفاظ على مسافة آمنة من العوائق. يمكن أيضاً استخدام النظارات الذكية المقترحة في البحث [16] للتعرف على النص والعقبات في الليل.

يوضح الشكل (2) نظرة عامة عن المعالجة الرئيسية.



الشكل 2: المعالجة الرئيسية

تتعرف الطريقة المقترحة في البحث [17] على الكلام الناتج عن النص المتعرَّف عليه بشكل كلي تقريباً بعد استخدامها، والمُخرَج بشكله الصحيح سواء كان مطبوعاً أو مكتوباً بواسطة أشخاص مختلفين بخطوط مختلفة. يمكن أيضاً تخزين بعض الأصوات الأكثر استخداماً وتشغيلها بشكل متكرر. يعتقد الباحثون أنه من الممكن تطوير الآلة لتلعب دوراً أساسياً في المكتبات وأماكن أخرى. يستعرض البحث [18] آلية للتعرف على واجهة الويب. إذا كان الصوت موجوداً على الصفحة، فيمكن تشغيله مباشرة، في حين يحتاج النظام إلى حفظ الصفحة كصورة أولاً، التعرف على النص الموجود في الصورة، وتحويل النص إلى صوت في حال عدم وجوده على صفحة الويب. تجمع الخوارزمية المقترحة في البحث [19] بين نماذج CNN و OCR لتحويل النص المكتوب إلى كلام ليسمعه ضعيفي البصر. لا يساعد هذا النموذج هؤلاء الأشخاص على القراءة فحسب، بل يسهل عليهم أيضاً حياتهم اليومية. تظهر النتائج التجريبية أن هذا النموذج يؤدي أيضاً أداءً جيّداً في التعرّف على الوجوه والعملة.

- أنظمة تجنب العوائق – Obstacle Avoidance Systems

في ظروف المرور الحضرية المعقّدة، يعتمد المكفوفون على عصي المشي التقليدية للتنقّل والتجوّل، حيث يلمسون الأرض بطرفها بغية إدراك ما يوجد على الأرض أمامهم والحصول على معلومات تتعلق بمحيطهم. مع ذلك، فإن هذه العصي تواجه صعوبة في اكتشاف الأجسام البعيدة أو تلك المعلّقة في الأجواء.

لحل مشكلة أن أجهزة التوجيه التقليدية كبيرة جداً، يقترح البحث [20] أجهزة توجيه ذكية. يمكن أن يعمل النظام كدليل يُستخدَم فيما بعد في التعرف على إشارات المرور، ودفع الأموال والتعرّف على الكلام. في البحث [21]، تم اعتبار الطرق الحالية غير قادرة على توفير تجربة ممتعة للمستخدم. لذلك يقترح البحث رصف مؤشرات ملموسة على الأرض، أي بما يحقق استبدال أرضية البلاط الأصلية بأخرى تملؤها النقاط البارزة، الأمر الذي من شأنه تقليل الإحساس بالمطبات عند المشي عليها. يحقق النظام المقترح دقة عالية فهو يتيح للهاتف المحمول المزود به، إرشاد المكفوفين عن طريق الصوت أو الاهتزاز. يوفر مساعد التنقّل DeepNAVI المقترح في البحث [22] معلومات مفصّلة عن العوائق المكتشفة، بما في ذلك موقعها والمسافة التي تفصلها عن المستخدم. يمكن تثبيت DeepNAVI على الهاتف المحمول واستخدامه في الوقت الفعلي. أثبتت نتائج الاختبار أن هذا النظام يتمتّع بزمن وصول واستهلاك للطاقة منخفضين. تأخذ الأطروحة [23] عصا عمياء تقليدية وتعمل على تحسينها عن طريق توصيلها بهاتف محمول عبر أحد التطبيقات. يشتمل التصميم الجديد على مجموعة متنوعة من المعدات، بما في ذلك مستشعر الموجات فوق الصوتية، NodeMCU ESP8266، ومستشعر الماء. ترسل العصا العمياء الذكية تنبيهاً عندما تكتشف وجود خطر في محيطها وتقوم بطلب المساعدة.

- تطبيقات للهواتف المحمولة مدعومة بالذكاء الاصطناعي لمساعدة الأشخاص ذوي الإعاقة البصرية AI-Powered Mobile Applications for People with Visual Disabilities

  - Lookout by Google: تطبيق للهواتف المحمولة موجَّه للأشخاص ضعاف البصر، عمليّ ومرن أثناء التعامل. يمكن للتطبيق أن يروي في الوقت الفعلي المناطق المحيطة حالياً بالمستخدم الذي يوجّه الكاميرا نحو الأشياء لبدء تلك العملية المساعِدة والتي تشمل التعرّف على الحيوانات، الأشخاص، الجدران، حركة المرور وغيرها من العوائق المحتملة. يمكن للتطبيق التبديل بين أوضاع "المنزل" و"العمل" و"اللعب" لتمكين خوارزمياته من التركيز على العناصر ذات الصلة بالبيئة. يراجع المستخدمون التطبيق باعتباره أكثر دقة من معظم منافسيه ويمكنه أيضاً قراءة النصوص مثل القائمة والمستندات. [1]
  - Seeing AI: مشروع بحثي من Microsoft يجمع بين قوة السحابة والذكاء الاصطناعي لتقديم تطبيق ذكيّ، مصمم للمساعدة في التنقّل أثناء الحياة اليومية للأشخاص ذوي الإعاقة البصرية، إذ يروي ما يحيط بهم معتمداً على كاميرا الهاتف للتعرّف على الأشخاص والأغراض والرسائل النصية بشكل مفصّل. يُعتبر Seeing AI متطوراً بما يكفي لمسح الرموز الشريطية Barcodes والتعرف على الصور من التطبيقات الأخرى، كما ويمكنه قراءة المستندات وتحديد جنس الأفراد، عمرهم، عواطفهم وأفعالهم. [1]

ت. استخدام الذكاء الاصطناعي لدعم الأشخاص ذوي الإعاقة السَّمعية AI-Powered Aids for People with Hearing Disability

1. تطبيقات الذكاء الاصطناعي في المعينات السمعية Applications of Artificial intelligence in hearing aid:

- تحسين تكنولوجيا المعينات السمعية Optimization of Hearing Aid Technology

يمكن لأجهزة السمع المزوّدة بالتعلّم الآلي المتكامل أن تزيد من سهولة ودقة السمع في بيئات العالم الحقيقي وتقلل الحاجة إلى الزيارات الطبية المتكررة، كما وتتيح بكونها مدعومة بالذكاء الاصطناعي، إمكانية البث التلفزيوني البسيط والموثوق بشكل مباشر من المعينة السمعية. [24]

➢ تحسين وضوح الكلام Improvement of Speech Enhancement and Intelligibility

لقد ثبت مؤخراً أن خوارزميات تحسين الكلام speech enhancement algorithm المستندة إلى التعلم الآلي يمكنها إيضاح الكلام بشكل كبير في البيئات الصاخبة والمليئة بالضجيج، عن طريق:

❖ إلغاء الصدى الصوتي Acoustic Environmental Classification (AEC)

أسلوب حسابي لمحاكاة قدرة النظام السمعي على التمييز بين الأصوات المختلفة في حالة الاستماع في العالم الحقيقي. [25] تستخدم المعينات السمعية الحديثة (AEC) لتصنيف عدة أنواع من مواقف الاستماع، مثل الهدوء والكلام والضوضاء والموسيقى، ولتمكين ميزات إدارة الصوت تلقائياً مثل الميكروفونات الاتجاهية وتقليل الضوضاء والتحكم في ردود الفعل المناسبة لتلك البيئات. [25] تعتمد دقة أي نظام إلغاء الصدى الصوتي (AEC) على عدد بارامترات الخصائص، فئات الصوت ونوع النموذج الإحصائي المطبق. وقد تم تعزيز دقة تصنيف أنظمة (AEC) باستخدام نماذج التعلم الآلي المدربة على وفق مجموعات بيانات حقيقية ومعروفة. في نظام Starkey's Hearing Reality Sound AEC، هناك ثماني فئات صوتية تلقائية: الموسيقى، الكلام في الهدوء، الكلام في الضوضاء العالية، الكلام في الضوضاء، الآلة، الرياح، الضوضاء، والهدوء. [26]

AEC المدعّم بالتعلم الآلي يعزز فهم الكلام في البيئات الصاخبة عن طريق إجراء تعديلات دقيقة في الكسب، الضغط، جودة الاتجاه، إدارة الضوضاء وغيرها من البارامترات المناسبة لكل فئة.

❖ وضع الحافة – Edge Mode

تم إنشاؤه للتغلب على بعض عيوب AEC، فهو مصمم ليكون بمثابة واجهة بسيطة تتيح لمرتدي المعينة السمعية بدء تجربة التحكم بالذكاء الاصطناعي في بيئة استماع مليئة بالتحديات من خلال النقر المزدوج أو الضغط على زر. تأخذ أداة السمع "لقطة صوتية" لبيئة الاستماع وتزيد من وضوح الكلام، لتقوم أخيراً بتغيير البارامترات المتعلقة بالفئات الثمانية في مواقف استماع مختلفة. [25]

يفضل العديد من المستخدمين Edge Mode بدلاً من إعدادات المعينات السمعية الموصى بها والمعتمدة على مخطط السمع عند التواصل في الأماكن الصاخبة، مثل المطاعم ووسائل النقل والبيئات التي يصدر فيها صدى. [27]

- تخصيص خوارزميات معالجة الإشارات. [24]
- تطبيقات التعلم الآلي في تحسين كفاءة وفعالية الاختبارات السريرية:

يعد القياس النفسي الفيزيائي psychophysical measurement لطنين الأذن مثالاً لتطبيق التعلم الآلي في الاختبارات السمعية لأنه يستغرق وقتاً طويلاً. لذلك، تتم نمذجة عملية الإدراك وترتكز على المقارنات بين الطنين والصوت الخارجي، اعتماداً على خصائص الطنين المتمثلة بدرجة الصوت، وخصائص التحفيز الجسدي مثل التردد. بمجرد إنشاء نموذج نفسي فيزيائي من هذا النوع، يمكن تطبيقه لإنشاء استراتيجية اختبار فعالة إحصائياً تهدف إلى إجراء أقل عدد من التجارب اللازمة للحصول على تقديرات موثوقة لما هو محط اهتمام من الكميات النفسية الفيزيائية. [28] علاوة على ذلك، فإن طرق الاختبار التي تأخذ بالحسبان المعرفة السابقة أكثر فعالية من البدائل التي تتجاهل المعرفة السابقة.

2. نماذج من المعينات السمعية المدعومة بالذكاء الاصطناعي AI-Powered Hearing Aids (AI H.A) Models

❖ Widex evoke H.A: "SoundSense learn technology"

أول شركة مصنعة للمعينات السمعية تطبق الذكاء الاصطناعي في الوقت الفعلي والذي يوفر لمستخدمي الوسائل المساعدة للسمع تجربة صوتية أفضل وأكثر طبيعية ومخصصة. [29]

❖ Starkey AI H.A

من خلال معيناتهم السمعية Livio AI، كان Starkey أول من قدم الذكاء الاصطناعي إلى سوق أدوات السمع. يستخدم Evolv AI، المستند إلى Starkey Sound، التعلم الآلي لتقليل ضوضاء الخلفية تلقائياً وتحسين إمكانية سماع الكلام بوضوح. تعمل هذه التقنيات معاً لمنح المستخدمين تجربة سمعية سهلة. تم تصميم هذا النوع من الذكاء الاصطناعي لتقليد العمليات العصبية للدماغ ويحاول التفاعل تماماً كما يفعل دماغك، دون أن يتم تعلمك مسبقاً كيفية القيام بذلك. وهو يتألف من شبكة عميقة تم تدريبها على قاعدة بيانات ضخمة وفريدة من نوعها لإشارات الكلام الصاخبة، متبوعة بتحسين إضافي من خلال بحث في الهندسة العصبية باستخدام نموذج التعلم العميق.

❖ Phonak AI HA [27]

تمت برمجة AutoSense OSTM 5.0 في Phonak AudéoTM Lumity المزود بتقنية SmartSpeech باستخدام التعلم الآلي القائم على الذكاء الاصطناعي للتعرف على البيئة الصوتية بشكل فعال. أفادت الدراسات أيضاً أن جهد الاستماع المطلوب لفهم الكلام في البيئات الصاخبة من المشاركين الذين استخدموا المعينات السمعية المدمجة مع تقنية StereoZoom من Phonak، قد انخفض بنسبة 18%. [30]

3. مزايا من المعينات السمعية المدعومة بالذكاء الاصطناعي AI-Powered Hearing Aids (AI H.A) Advantages

- فهم الكلام بشكل أكثر وضوحاً، خاصة في المواقف البيئية المختلفة، [31] وبذلك لن يقلق المستخدم بشأن ضبط البرامج أو تغييرها يدوياً.
- تخفيض الزمن اللازم لشرح التعليمات المعقدة للمستخدمين.
- جعل المعين السمعي جهازاً أكثر ذكاءً ومتعدد الأغراض.
- زيادة الرضا والقبول.

4. تطبيقات أخرى للذكاء الاصطناعي في طب الأذن – Additional Applications of AI in Otology

- تشخيص وإدارة الاضطرابات الدهليزية

يقوم الذكاء الاصطناعي بتطوير أساليب تخمين أو تقدير الحالة والتي يمكن أن تقدم للأشخاص الذين يعانون من مشكلات متعلقة بالتوازن، نتائج دهليزية أفضل من خلال التدريب على برامج إعادة التأهيل الدهليزي التفاعلية. [32] بحساسية ونوعية إجمالية تبلغ 0.93، يمكن للذكاء الاصطناعي أيضاً تحديد أنماط التأرجح الوضعي للدوار الرهابي الوضعي، والتهاب العصب الدهليزي أحادي الجانب، وضمور الفص المخيخي الأمامي. [33]

- التنبؤ بنتائج فقدان السمع الحسي العصبي

قامت الدراسات الحديثة بتقييم تقنيات التعلم الآلي في التنبؤ بفقدان السمع. قارن البحث [34] بين خوارزميتين مختلفتين للذكاء الاصطناعي: الشبكات العصبية والانحدار اللوجستي في الكشف عن عتبة الانبعاثات الصوتية. تم إيجاد حساسية أعلى باستخدام الانحدار اللوجستي مقارنة باستخدام الشبكة العصبية. تتناقض هذه النتائج مع [35]، إذ تم اكتشاف كون طرق الانحدار أقل دقة من الشبكات العصبية للتنبؤ بفقدان السمع لدى العمال المعرضين للضوضاء في مصنع للصلب. في الآونة الأخيرة، أنشأت مجموعات مختلفة نماذج تنبؤية تقارن تقنيات التعلم الآلي ووجدت دقة متسقة بين الخوارزميات المختلفة [36] وهذا أمر متوقع، بشكل عام، لا توجد طريقة تتفوق على أخرى ولكن يجب تحسينها بناءً على الحجم ونوعية مجموعات البيانات المحددة. [24]

- زراعة القوقعة الصناعية

تم استخدام التعلم الآلي لإجراء كل من القياس الآلي للجهد المثار (Auto ART، Auto NRT)، تصفية الإشارات، الأداء بعد العملية الجراحية، التنبؤ بموقع التشريح الجراحي، وضع القطب الكهربائي، وتحسين إدراك الكلام في الضوضاء [31] وقد طُبّق كل ما سبق

محسّناً لتحقيق نتائج سريعة وفعالة في زراعة القوقعة الصناعية. [37]

❖ تطبيقات للهواتف المحمولة مدعومة بالذكاء الاصطناعي لمساعدة الأشخاص ذوي الإعاقة السمعية AI-Powered Mobile Applications for People with Hearing Disabilities

- **National Relay Service**: مبادرة حكومية تسمح للأشخاص الصم وضعاف السمع والذين يعانون من إعاقة في النطق بإجراء واستقبال المكالمات الهاتفية. يتميز بخيارات اتصال متنوعة كالقدرة على إرسال الرسائل النصية وقراءة الكلام، التحدث إلى صديق وقراءة ردوده على الشاشة، وتوقيع المحادثة عبر Skype ليتم ترجمتها بواسطة موظف الترحيل. [1]
- **RogerVoice**: تم تصميمه لتبسيط إجراء المكالمات من قبل ذوي الإعاقة السمعية. بفضل تقنية التعرف على الصوت وتوليف السرعة، يساعد التطبيق الأشخاص الذين يعانون من صعوبات في السمع على الاتصال بأي شخص والحصول على نسخة فورية من المحادثة. يعمل RogerVoice بأكثر من مائة لغة في العديد من البلدان حول العالم. [1]

5. استخدام الذكاء الاصطناعي لدعم الأشخاص ذوي الإعاقة الإدراكية AI-Powered Aids for People with Cognitive Disability

- **تحسين التواصل والتفاعل:** وذلك عن طريق:
  - أجهزة الاتصال المعززة والبديلة – Augmentative and Alternative Communication (AAC) devices: توفّر أجهزة AAC لهؤلاء الأشخاص طريقةً للتواصل باستخدام الرموز أو الصور أو الكلمات، يمكن استخدام الذكاء الاصطناعي لجعل هذه الأجهزة أكثر سهولة في الاستخدام وأكثر فعالية من خلال اقتراح كلمات مُرتبطة بموضوع المحادثة أو التنبؤ بالكلمة أو العبارة التالية التي من المُحتَمل أن يرغب الشخص في قولها. [38] [39] [40]
  - تحويل الكلام إلى نص – Speech-to-Text Transcription: يمكن استخدام الذكاء الاصطناعي لنسخ الكلام في الوقت الفعلي، مما يوفر سجلاً مكتوباً للمحادثات وتعدّ هذه الخاصة مفيدة للأشخاص الذين يجدون صعوبة في فهم اللغة المنطوقة، أو الذين يريدون أن يتمكنوا من مراجعة المحادثات لاحقاً.
  - معالجة اللغة الطبيعية – Natural Language Processing (NLP): تُستخدم لتحليل اللغة وتحديد الأنماط، مما يُساعد الأشخاص الذين يجدون صعوبة في فهم الفروق الدقيقة في اللغة، مثل السخرية أو اللغة المجازية، كذلك يمكن استخدامها لتحديد الأخطاء في الاتصال وتصحيحها. [41] [42]
  - تحليل وسائل التواصل الاجتماعي – Social Media Analysis: يمكن استخدام الذكاء الاصطناعي لتحليل محادثات وسائل التواصل الاجتماعي وتحديد المواضيع التي تهم الأشخاص ذوي الإعاقات المعرفية والإدراكيّة، مما يسمح بتزويد هؤلاء الأشخاص بالمعلومات والدعم ذات الصلة.
  - المساعدون الافتراضيون – Virtual Assistants: يمكن استخدام المساعدين الافتراضيين لتزويد الأشخاص بالمعلومات والمساعدة في المهام مثل جدولة المواعيد وإعداد التذكيرات reminders والتحكم في الأجهزة، مما يساعد الأشخاص ذوي الإعاقات الإدراكية على البقاء منظمين ومستقلين، مثل Amazon Alexa و Google Assistant و Apple Siri .
- **تقديم الدعم للمهام اليومية:** وذلك من خلال:
  - إدارة المهام والجدولة: يمكن أن تساعد الوسائل المساعدة المدعومة بالذكاء الاصطناعي الأشخاص ذوي الإعاقات الإدراكية على تذكر المهام وإدارة وقتهم والالتزام بالجدول الزمني، إذ يمكن للتقويمات المدعومة بالذكاء الاصطناعي توفير تذكيرات للمواعيد القادمة، ويمكن

لقوائم المهام أن تساعد الأشخاص على تحديد أولويات مهامهم.

- التنظيم والتخطيط: من خلال تنظيم المهام والخطط المعقدة إلى خطوات أصغر وأكثر قابلية للإدارة، حيث يمكن لأدوات التخطيط المدعومة بالذكاء الاصطناعي أن تساعد الأشخاص على تطوير تعليمات مُجزَّأةٍ خطوةً بخطوة لإكمال المهام.
- استرجاع المعلومات والوصول إليها: يمكن العثور على المعلومات والوصول إلى الموارد اللازمة من خلال محركات البحث التي تعمل بدورها أيضاً بالذكاء الاصطناعي، ويمكن للمساعدين الافتراضيين الذين يعملون بالذكاء الاصطناعي أن يساعدوا هؤلاء الأشخاص في العثور على معلومات الاتصال للشركات والمؤسسات.
- التواصل والتفاعل الاجتماعي: حيث تساعد وسائل الاتصال التي تعمل بالذكاء الاصطناعي الأشخاص على توليد الكلام، ويمكن لأدواتها التي تعتمد أيضاً على الذكاء الاصطناعي أن تساعد الأشخاص على التواصل مع مَن يشاركونهم اهتماماتهم.
- المراقبة والسلامة: يمكن أن تساعد المساعدات المدعومة بالذكاء الاصطناعي في مراقبة الأشخاص ذوي الإعاقات الإدراكية بحثاً عن علامات الضيق أو الخطر، فالأجهزة القابلة للارتداء التي تعمل بالذكاء الاصطناعي تفيد في تتبع العلامات الحيوية وتنبيه مقدِّمي الرعاية بالمشاكل المحتملة.
- توفير الدعم الشخصي للأشخاص الذين يعانون من إعاقات إدراكيّة محددة: وذلك من خلال مساعدة الأشخاص الذين يعانون من اضطراب طيف التوحد Autism Spectrum Disorder (ASD) على إدارة الحمل الحسي الزائد، كذلك الأشخاص الذين يعانون من اضطراب نقص الانتباه وفرط النشاط Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD) على الاستمرار في التركيز على المهام. [43]

- **تعزيز الاستقلال والاعتماد على الذات**

يمكن للمساعدات التي تعمل بالذكاء الاصطناعي أن تساعد الأشخاص ذوي الإعاقات الإدراكية على تعزيز الاستقلال والاعتماد على الذات من خلال:

- تزويدهم بالأدوات والدعم الذي يحتاجونه لإكمال المهام اليومية، مما يساعد على جعلهم أكثر استقلالية في حياتهم اليومية.
- مساعدتهم في الوصول إلى المعلومات والموارد التي يحتاجون إليها، وهذا ما يزيد من الاستقلالية في اتخاذ القرارات وحل المشكلات.
- مساعدتهم على التواصل مع الآخرين، الأمر الذي يمنحهم استقلالية أكثر في تفاعلاتهم وعلاقاتهم الاجتماعية.
- مساعدتهم على مراقبة سلوكهم وإجراء التعديلات اللازمة، مما يجعلهم أكثر وعياً باحتياجاتهم الخاصة وأكثر قدرةً على اتخاذ الخطوات اللازمة لتلبية تلك الاحتياجات.
- منحهم الشعور بالسيطرة على حياتهم والذي يُعزِّز الشعور بمزيد من الاستقلالية والتحكم في حياتهم الخاصة. [11] [44]

6. تطبيقات للهواتف المحمولة مدعومة بالذكاء الاصطناعي لمساعدة الأشخاص ذوي الإعاقة الإدراكية AI-Powered Mobile Applications for People with Cognitive Disabilities

- Proloquo2Go : تطبيق تواصل من الكلام إلى النص يستخدم الذكاء الاصطناعي لمساعدة الأشخاص الذين يعانون من صعوبات النطق على التواصل مع الآخرين، حيث يستخدم خوارزميات التعلم الآلي للتنبؤ واقتراح الكلمة أو العبارة التالية التي قد يرغب المستخدم في استخدامها مما يجعل التواصل أسرع وأسهل، كذلك لإنشاء مجموعة مفردات مخصصة لكل مستخدم بما يتوافق مع احتياجات التواصل الخاصة بالمستخدم

واهتماماته وتفضيلاته، مما يسمح له بالتعلم والتكيف مع أسلوب اتصال المستخدم بمرور الوقت.

- Otter Voice Meeting: تطبيق للنسخ المباشر والمشاركة في المشاريع يعمل بالذكاء الاصطناعي للطلاب ذوي صعوبات التعلم تم الإعلان عنه بواسطة Otter.ai، يزيل التطبيق اعتماد الطالب على الآخرين من خلال تمكين الوصول إلى بيئة التعلم بطريقة أكثر كفاءة بالنسبة لهم، وذلك من خلال نسخ الصوت إلى نص في الوقت الفعلي وإنشاء ملاحظات للاجتماعات أو المحادثات الشخصية أو البعيدة أو المباشرة أو المسجلة مسبقاً أو العرض التقديمي. [1]
- Wemogee : أطلقته شركة Samsung للأشخاص الذين يعانون من فقدان القدرة على الكلام واضطرابات لغوية أخرى، متوفر باللغتين الإنكليزية والإيطالية، ويعمل كنوع من المترجم بين النص والرموز التعبيرية، يتضمن التطبيق مكتبة تضم أكثر من 140 عبارة تتعلق بالاحتياجات الأساسية والتعبيرات العاطفية[1]. يستخدم Wemogee خوارزميات الذكاء الاصطناعي لاقتراح الرموز التعبيرية بناءً على مدخلات المستخدم بالإضافة إلى إنشاء جمل وفقرات بناءً على الرموز التعبيرية التي يتم اختيارها.

VII. الخاتمة

شهد مجال الذكاء الاصطناعي تطوراً سريعاً في السنوات الأخيرة، وقد أدى ذلك إلى ظهور تطبيقات جديدة في مجال مساعدة الأشخاص ذوي الإعاقة، حيث يتم توظيف الذكاء الاصطناعي بمختلف خوارزمياته لمساعدة الأشخاص ذوي الإعاقة الحركية والحسية والإدراكية في مجموعة متنوعة من المجالات، مما يوفر لهم مزيداً من الاستقلالية ويحسّن نوعيّة حياتهم ويعزّز مشاركتهم في المجتمع.

على الرغم من أنَّ المُعينات التي تعتمد على الذكاء الاصطناعي قادرة على إحداث ثورة في حياة الأشخاص ذوي الإعاقة، إلا أنه لا تزال هناك بعض التحديات التي تقف عائقاً دون وصولها إلى عدد كبير من هذه الفئة، بما في ذلك أنها باهظة الثمن مما يجعل نسبة الشريحة المُستفيدة محدودة، ومن ناحية أخرى قد يكون بعضها معقد الاستخدام، خاصة بالنسبة للأشخاص ذوي المهارات التقنية المحدودة.

لذا يعمل الباحثون على مواجهة هذه التحديات من خلال تطوير خوارزميات جديدة يمكن استخدامها لإنشاء أدوات مساعدة تعتمد على الذكاء الاصطناعي وبأسعار معقولة وسهلة الاستخدام، إضافة إلى تطوير أدوات قابلة للدمج مع تقنيات أخرى كالأجهزة المنزلية الذكية والأجهزة القابلة للارتداء، وهذا ما يتطلب زيادة الاستثمار في الأبحاث والتطوير في مجال الذكاء الاصطناعي والتعاون بين الباحثين والممارسين لضمان تطوير هذه التطبيقات بما يُلبّي احتياجات الأشخاص ذوي الإعاقة بشكل فعال، وكذلك إجراء مزيد من الدراسات لتقييم فعالية المُعينات بمختلف أنواعها وتقديم اقتراحات عمليّة.

المراجع

[1]. A. Beatrice, “Top 10 AI-Powered Mobile Applications for People with Disabilities,” 2020

[2]. National Center on Birth Defects and Developmental Disabilities, Centers for Disease Control and Prevention, “Disability and Health Overview,” 2020 09 16. [Online]. Available: https://www.cdc.gov/ncbddd/disabilityandhealth/disability.html. [Accessed 24 10 2023].

[3]. “How AI Can Improve the Lives of People with Disabilities,” [Online]. Available: https://smartclick.ai/articles/how-ai-can-improve-the-lives-of-people-with-disabilities/. [Accessed 24 10 2023].

[4]. 22 05 2023. [Online]. Available: https://www.geeksforgeeks.org/artificial-intelligence-an-introduction/. [Accessed 2023 10 11].

[5]. S. Brown, “Machine learning, explained,” 21 04 2021. [Online]. Available: https://mitsloan.mit.edu/ideas-made-to-matter/machine-learning-explained.

[6]. “Introduction to Deep Learning,” 14 04 2023. [Online]. Available: https://www.geeksforgeeks.org/introduction-deep-learning/. [Accessed 03 10 2023].

[7]. O. Moindrot, Computer Vision: Foundations and Applications, Stanford University, 2017.

[8]. E. Borovikov, “A survey of modern optical character recognition techniques,” 13 12 2014. [Online]. Available: https://arxiv.org/abs/1412.4183.

[9]. M. Bojarski, A. Choromanska, P. Yeres, B. Firner, . K. Choromanski, . U. Muller and L. Jackel, “Computer

[25]. Fabry, D. A. & Tchorz, J. Results from a new hearing aid using “acoustic scene analysis”. The Hearing Journal. 2005; 58, 30–36..
[26]. Diehl, P. U., Singer, Y., Zilly, H., Schönfeld, U., Meyer-Rachner, P., Berry, M., Sprekeler, H., Sprengel, E., Pudszuhn, A. & Hofmann, V. M.Restoring speech intelligibility for hearing aid users with deep learning. arXiv preprint arXiv.2022;2206.11567.
[27]. Harianawala J, M. M., Fabry D.Intelligence_at_the_Edge_White_Paper https://starkeypro.com/pdfs/technicalpapers/Intelligence_at_the_Edge_White_Paper.pdf .2020..
[28]. Zhang, T., Mustiere, F. & Micheyl, C. Intelligent hearing aids: The next revolution :Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc. 2016 ; 72-76..
[29]. Widex evoke H.A. The hearing review.Widex Incorporates AI into SoundSense Learn Oct 30, 2020 .retrieved from https://hearingreview.com/hearing-products/hearingaids/ite/widex-incorpores-ai-into-soundsense-learn.
[30]. Appleton, J.Autosense OS 4.0 .Significantly less listening effort and preferred for speech intelligibility.2020 . Phonak Field Study News retrieved from www.phonak.com/evidence , accessed August 2022.
[31]. Umashankar, A., MN, A. & C, P. Applications of artificial intelligence in hearing aids and auditory implants: a short review. Journal of hearing science.2021; 11, 20-23..
[32]. Yeh, S. C., Huang, M. C., Wang, P. C., Fang, T. Y., Su, M. C., Tsai, P. Y. & Rizzo, A.. Machine learning-based assessment tool for imbalance and vestibular dysfunction with virtual reality rehabilitation system. Comput methods programs biomed.2014;116,.
[33]. Krafczyk, S., Tietze, S., Swoboda, W., Valkovic, P. & Brandt, T. Artificial neural network: a new diagnostic posturographic tool for disorders of stance. Clin Neurophysiol.2006 ;117, 1692-8..
[34]. Ziavra, N., Kastanioudakis, I., Trikalinos, T. A., Skevas, A. & Ioannidis, J. P. Diagnosis of sensorineural hearing loss with neural networks versus logistic regression modeling of distortion product otoacoustic emissions. Audiol Neurootol.2004;9, 81-7..
[35]. Aliabadi, M., Farhadian, M. & Darvishi, E. Prediction of hearing loss among the noise-exposed workers in a steel factory using artificial intelligence approach. Int Arch Occup Environ Health.2015; 88, 779-87..
[36]. Bing, D., Ying, J., Miao, J., Lan, L., Wang, D., Zhao, L., Yin, Z., Yu, L., Guan, J. & Wang, Q. Predicting the hearing outcome in sudden sensorineural hearing loss via machine learning models. Clin Otolaryngol.2018; 43, 868-874.
[37]. Crowson, M. G., Lin, V., Chen, J. M. & Chan, T. C. Y. Machine learning and cochlear implantation-a Vision and Pattern Recognition (cs.CV),” 25 4 2017. [Online]. Available: https://arxiv.org/abs/1704.07911.
[10]. R. Rai and R. Nguyen, “Deep Learning and Handheld Augmented Reality Based System for Optimal Data Collection in Fault Diagnostics Domain,” 15 06 2022. [Online]. Available: https://arxiv.org/abs/2206.07772.
[11]. (ATIA), Assistive Technology Industry Association, [Online]. Available: https://www.atia.org/. [Accessed 22 10 2023].
[12]. National Institute on Disability, Independent Living, and Rehabilitation Research (NIDILRR), [Online]. Available: https://uwm.edu/r2d2/projects/arb/. [Accessed 22 10 2023].
[13]. (RESNA), Rehabilitation Engineering and Assistive Technology Society of North America, [Online]. Available: https://cpresource.org/topic/mobility-equipment-and-orthotics/resna-rehab-engineering-and-assistive-technology-society. [Accessed 19 10 2023].
[14]. Rattanaphinyowanich, T., et al., Development of DAISY-WIBORD as computer assisted learning facilities for children with visual impairment. Journal of Physics: Conference Series, 2021. 1835(1).
[15]. Punith, A., et al., Design and implementation of a smart reader for blind and visually impaired people, in Proceedings of the 14th Asia-Pacific Physics Conference. 2021. p. 060002..
[16]. Mukhiddinov, M., et al., Smart Glass System Using Deep Learning for the Blind and Visually Impaired. Electronics, 2021. 10(22): p. 2756.
[17]. Sarkar, S., et al., Smart Reader for Visually Impaired Using Raspberry Pi. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2021. 1132(1): p. 012032.
[18]. Nemade, S., et al., Artificial Vision-Raspberry Pi Based Reader for Visually Impaired Journal of Engineering Design and Computational Science (JEDCS), 2022. 1(1): p. 1-3.
[19]. Pandya, K., et al., Audio assisted electronic glasses for blind & visually impaired people using deep learning. Reliability: Theory & Applications, 2021. 16(1): p. 143-151.
[20]. Xia, K., et al., IBGS: A Wearable Smart System to Assist Visually Challenged. IEEE Access, 2022. 10: p. 77810-77825.
[21]. Chen, W., et al., A mobile intelligent guide system for visually impaired pedestrian. Journal of Systems and Software, 2023. 195: p. 111546.
[22]. Kuriakose, B., et al., DeepNAVI: A deep learning based smartphone navigation assistant for people with visual impairments..
[23]. Elsonbaty, A.A., Smart Blind Stick Design and Implementation. International Journal of Engineering and Advanced Technology, 2021. 10(5): p. 17-20.
[24]. You, E., Lin, V., Mijovic, T., Eskander, A. & Crowson, M. G. Artificial intelligence applications in otology: A State-of-the-Art Review. Otolaryngol Head Neck Surg.2020; 163, 1123-1133..

structured review of opportunities and challenges. Otol Neurotol.2020; 41, e36-e45..

[38]. American Speech-Language-Hearing Association (ASHA), "Augmentative and Alternative Communication," [Online]. Available: https://www.asha.org/practice-portal/professional-issues/augmentative-and-alternative-communication/. [Accessed 5 10 2023].

[39]. National Center for Learning Disabilities (NCLD), [Online]. Available: https://hsl.lib.unc.edu/speechandhearing/communicationdevices. [Accessed 05 10 2023].

[40]. CommunicationFIRST, [Online]. Available: https://communicationfirst.org/.

[41]. Industrial-Strength Natural Language Processing, [Online]. Available: https://spacy.io/. [Accessed 06 10 2023].

[42]. Natural Language Toolkit, [Online]. Available: https://www.nltk.org/. [Accessed 06 10 2023].

[43]. American Association on Intellectual and Developmental Disabilities (AAIDD), [Online]. Available: https://www.aaidd.org/. [Accessed 08 10 2023]

[44]. Center for Assistive Technology and Environmental Access (CATEA), [Online]. Available: https://www.cate.org/.[Accessed 20 10 2023].