

# نفاذ

من مدى

العدد 28  
فبراير 2025

www.mada.org.qa

## تطوير إمكانية النفاذ الرقمي والتقنيات المساعدة: الابتكارات، المعايير، والتطبيقات

من البحوث  
إلى التأيي رؤى  
رئيسية وإنجازات  
من مدى إيديج

التوحد واللعب  
نظرة عامة على  
المقاربة المنهجية  
والنتائج الأولية

تعزيز تقبل التكنولوجيا:  
تجربة المستخدم في مجال  
خدمات الحكومة الإلكترونية  
للوصول إلى التحول الرقمي  
تحليل مقارن: قطر وسنغافورة



صفحة 105

صفحة 76

صفحة 08

# حول نفاذ

# مركز "مدى"

"نفاذ" هي دورية يصدرها مركز مدى باللغتين العربية والإنجليزية كل ثلاثة أشهر تهدف لتكون مصدر المعلومات الرئيسي حول أحدث التوجهات والابتكارات في مجال نفاذ تكنولوجيا المعلومات والاتصالات. وانطلاقاً من دورها كنافذة للمعلومات عبر العالم تسلط دورية نفاذ الضوء على العمل الرائد الذي تم في مجال تلبية الطلبات المتزايدة على حلول وخدمات نفاذ تكنولوجيا المعلومات والاتصالات والتكنولوجيا المساعدة في قطر والمنطقة العربية والعالم.

مركز "مدى" - مركز التكنولوجيا المساعدة في قطر، مؤسسة خاصة ذات نفع عام تأسست عام ٢٠١٠ كمبادرة لتوطيد معاني الشمولية الرقمية وبناء مجتمع تكنولوجي قابل للنفاذ لذوي الإعاقة. وقد أصبح مدى اليوم مركز الامتياز في النفاذ الرقمي باللغة العربية في العالم.

يعمل المركز عبر شراكات استراتيجية ذكية على تمكين قطاع التعليم لضمان التعليم الشامل، وقطاع المجتمع ليصبح أكثر شمولاً من خلال تكنولوجيا المعلومات والاتصالات وقطاع التوظيف لتعزيز فرص التوظيف والتطوير المهني وزيادة الأعمال للأشخاص ذوي الإعاقة.

ويحقق المركز أهدافه من خلال بناء قدرات الشركاء ودعم تطوير واعتماد المنصات الرقمية وفق المعايير العالمية للنفاذ الرقمي وتقديم الاستشارات ورفع الوعي وزيادة عدد حلول التكنولوجيا المساعدة باللغة العربية عبر برنامج مدى للابتكار، وذلك لتمكين تكافؤ الفرص لمشاركة الأشخاص ذوي الإعاقة في المجتمع الرقمي.

هناء ربوش،  
المعهد العالي للإدارة،  
سوسة، تونس.  
محمد كثير خريبي،  
مركز مدى، قطر.  
أسامة الغول،  
مركز مدى، قطر.  
سامية كوكي،  
كليات التقنية العليا،  
الإمارات العربية المتحدة.  
توفيق الحضرمي،  
جامعة نوتنجهام ترينت،  
المملكة المتحدة.  
زياد بويدة،  
جامعة كارلتون، أوتاوا، كندا.

علياء جمال الكثيري،  
مركز مدى، قطر.  
الجازي الجبر،  
مركز مدى، قطر.  
آمنة محمد المطوع،  
مركز مدى، قطر.  
دينا آل ثاني،  
جامعة حمد بن خليفة، قطر.  
فخرية ألتيناوي،  
جامعة الشرق الأدنى،  
الجزء الشمالي من قبرص.  
فتحي السالمي،  
جامعة جدة، المملكة  
العربية السعودية  
هيفاء بن الحاج،  
جامعة قطر، قطر.  
هاجر شلغومي،  
المركز الكندي للتنوع  
والشمول، كندا.

**رؤساء التحرير**  
أماني علي التميمي  
مركز مدى، قطر  
أشرف عثمان  
مركز مدى، قطر

**هيئة التحرير**  
أميرة ذويب،  
مركز مدى، قطر.

آمنة محمد المطوع،  
مركز مدى، قطر.

**هيئة المراجعة**  
أحلام أصيلة،  
مركز الدراسات العليا  
الصناعية، رانس، فرنسا.  
أحمد تليلي،  
معهد التعلم  
الذكي بجامعة بكين  
للمعلمين، الصين

# نفاذ

من مدى

العدد 28

فبراير 2025

الرقم الدولي الموحد للدوريات (النسخة الرقمية): 2789-9152  
الرقم الدولي الموحد للدوريات (النسخة المطبوعة): 2789-9144

**إعادة استخدام الحقوق وأذونات إعادة الطباعة**  
"نفاذ" هي مجلة متاحة للجميع. يُسمح بالاستخدام التعليمي أو الشخصي لهذه المواد بدون رسوم ، بشرط أن يكون هذا الاستخدام: (1) غير هادف للربح (2) يتضمن هذا الإشعار والاقتراس الكامل للعمل الأصلي في الصفحة الأولى من النسخة (3) لا يلمح هذا الإشعار إلى مصادقة مركز مدى على أي من منتجات أو خدمات الطرف الثالث. يُسمح للمؤلفين وشركاتهم بنشر النسخة المقبولة من "نفاذ" على خوادم الويب الخاصة بهم دون إذن ، بشرط أن يظهر هذا الإشعار والاقتراس الكامل للعمل الأصلي على الصفحة الأولى من النسخة المنشورة. إن النسخة المقبولة استخدامها هي النسخة التي تمت مراجعتها من قبل المؤلف لإضافة اقتراحاته بعد المراجعة، ولكن ليس النسخة المنشورة من قبل مركز مدى والتي قام المركز بتدقيقها وتحريها وتنسيقها. لمزيد من المعلومات، يرجى زيارة: <https://nafath.mada.org.qa>. يجب الحصول من مركز مدى على إذن بإعادة طباعة / إعادة نشر هذه المواد لأغراض تجارية أو دعائية أو ترويجية أو لإنشاء أعمال جديدة لإعادة البيع أو إعادة التوزيع.

نفاذ © 2023 من مركز مدى برقم ترخيص CC BY-NC-ND 4.0



Inclusive Smart City

# المحتويات

## الصفحة 91

مترجم افتراضي قائم على التعلم الفيدرالي (الموزع) للتعرف على لغة الإشارة العربية في المدن الذكية

أحمد الزعبي  
توفيق الحضرمي  
أمجد البشائرة  
لجين بني يونس

## الصفحة 76

التوحد واللعب  
نظرة عامة على المقاربة المنهجية والنتائج الأولية

محمد حسن فادي حجاب  
شذى خطاب  
نهوان الأسود  
جوزيليا نيفيس  
مروة قراقع  
مريم باحميش  
ماريا جيمينيز أندريه  
أشرف عثمان  
ودينا ال ثاني

## الصفحة 105

من البحوث إلى التآخي  
رؤى رئيسية وإنجازات من مدى إيدج

أميرة ذويب  
خنساء شمناذ  
أسامة الغول  
أشرف عثمان

## الصفحة 52

الكشف المبكر عن اضطراب طيف التوحد (ASD) لدى الأطفال باستخدام التعلم الآلي

أكاشا أكويل  
تماننا  
فيصل سعيد

## الصفحة 63

نظام ترجمة لغة الإشارة العربية الجزائرية باستخدام تكنولوجيا الشخصية الافتراضية ثلاثية الأبعاد

أمين مامي  
محمد الفارس سليمان  
طه زروقي  
رضا مزاري

## الصفحة 08 الصفحة 39

النفاذ الرقمي والتكنولوجيا المساعدة واضطراب طيف التوحد في بيئة طب الأسنان: التواصل التفاعلي والعلاج والإحالة والمتابعة

نور الخروصي

تعزيز تقبل التكنولوجيا: تجربة المستخدم في مجال خدمات الحكومة الإلكترونية للوصول إلى التحول الرقمي

تحليل مقارنة: قطر وسنغافورة

رباب شعلان





# تعزير تقبل التكنولوجيا: تجربة المستخدم في مجال خدمات الحكومة الإلكترونية للوصول إلى التحول الرقمي تحليل مقارنة: قطر وسنغافورة

## رباب شعلان

قسم الإدارة العامة  
rsh001@dohainstitute.edu.qa  
معهد الدوحة للدراسات العليا، ص.ب  
200592، الدوحة، قطر.

## الكلمات الرئيسية

التحول الرقمي؛ تكنولوجيا المعلومات والاتصالات؛ تجربة المستخدم؛ تجربة المواطن؛ تجربة العملاء؛ خدمات الحكومة الإلكترونية؛ تقبل التكنولوجيا؛ قطر؛ سنغافورة.

**الملخص -** تتعاون قطر وسنغافورة في مجالات التحول الرقمي والابتكار ومبادرات الإدارة العامة. وعلى الرغم من تقدم كلا البلدين في البنية التحتية لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات إلا أن التحديات في مجال تبني التكنولوجيا تختلف لكل منهما. وتبحث هذه الدراسة في تأثير تجربة المستخدم في مواقع الحكومة الإلكترونية الرئيسية على تقبل التكنولوجيا ونضج التحول الرقمي في كلا البلدين. ومن خلال توضيح العوامل الرئيسية التي تمكن تجربة المستخدم فإن سنغافورة أكثر تقدماً من حيث تقبل التكنولوجيا مما يؤدي إلى نضج التحول الرقمي مقارنة بقطر التي تستمر في مواجهة التحديات حتى مع الجهود المبذولة في هذا المجال. وتركز الدراسة على فهم سلوك المستخدم تجاه التكنولوجيا باستخدام نموذج النظرية الموحدة

لتقبل واستخدام التكنولوجيا (UTAUT). وقد تم إجراء التحليل المقارن لبوابة حكومي في قطر و"Developer" في سنغافورة باستخدام أدوات مؤتمتة وتقارير يدوية من مجموعات بيانات الأمم المتحدة والبنك الدولي. وتظهر النتائج أن كلتا المنصتين تسلطان الضوء بشكل مماثل على دور الأداء وتوقعات الجهد والظروف الميسرة مثل النطاق العريض للإنترنت في توجيه سلوك المستخدمين تجاه التكنولوجيا الأمر الذي يؤثر على التحول الرقمي، ولكن التأثير الاجتماعي في هذا السياق لم يكن واضحاً على الرغم من أن كلاهما يعطيان الأولوية لرضا المواطنين. وتتقدم قطر على سنغافورة في مجال إمكانية النفاذ والاستثمار في خدمات الصحة الإلكترونية والتعليم الإلكتروني لكنها تواجه عقبات في منصة الخدمات الإلكترونية الموحدة وتبني التكنولوجيا وتجزئة البيانات. وقد أظهرت سنغافورة أن أفضل الممارسات لديها هي منصة فعالة "شاملة" ومركز أبحاث يركز على المستخدم وتكامل البيانات والخدمات المالية الإلكترونية مع تجربة عملاء متميزة. ويساهم هذا البحث في إثبات أن عوامل



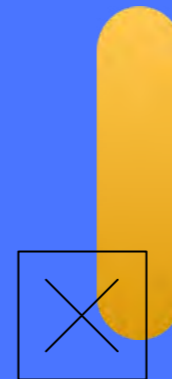
## 1. المقدمة

قلة من البلدان تعطي الأولوية للخدمات التي تركز على المواطن والقابلة للنفذ إضافة إلى مشاركة محدودة للمواطنين في تصميم البوابات. ويوفر حوالي 40% فقط من هذه البلدان ميزات إمكانية النفاذ للمستخدمين من ذوي الإعاقة مما يظهر فجوة واضحة حتى في الاقتصادات ذات الدخل المرتفع (GovTech Maturity Index, 2022). وقد أنشأ البنك الدولي في عام 2019 شراكة التكنولوجيا الحكومية العالمية (GTGP) لتعزيز التحول الرقمي والحلول التي تركز على المواطن وإشراك الحكومات والقطاع الخاص والأوساط الأكاديمية والجهات الفاعلة في التنمية (Govtech Global Partnership, 2022). ومع ذلك فإن الفجوة الرقمية آخذة في الاتساع مع زيادة مؤشر نضج التكنولوجيا العالمية (GTMI) من 0.519 إلى 0.552 في عام 2022، مما يعكس التقدم في تقديم الخدمات عبر الإنترنت عبر منصات مشتركة (GovTech Maturity Index, 2022). كما تعد الجهود الإدارية لتعزيز جودة الخدمة الإلكترونية وخاصة للجيل (Z) ضرورة في هذا السياق (Agritika et al., 2024).

وعلى الرغم من توفر البنية الأساسية لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات فإن فشل المشاريع التكنولوجية يستلزم فحص النقاط التي تسبب المعاناة للمستخدم أثناء استخدام الخدمات الإلكترونية وتبني منظور يركز على المستخدم من خلال إشراك المستخدمين في التحسينات عند بدء أو تجديد الخدمات لتحقيق تجربة مستخدم أفضل وتلبية احتياجات أصحاب المصلحة (Chatzidakis, 2022; Usability Evaluation, 2023). وكما ذكر ستيف جوبز فإنه "عليك أن تبدأ بتجربة العميل ثم تتجه نحو التكنولوجيا وليس العكس" مما يؤكد أهمية تجربة المستخدم (Guide User Experience, 2023). وقد تقدمت آسيا الوسطى وأوروبا من حيث نضج التكنولوجيا الحكومية ولكن ما يزال تقديم الخدمات وإشراك المواطنين في الشرق الأوسط يواجهان تحديات على الرغم من التقدم الحاصل (GovTech Maturity Index, 2022).

وغالبًا ما يتجنب المواطنون زيارة المواقع الحكومية بسبب الواجهات القديمة (Researchers, 2022). ومع ذلك فقد زاد الضغط على الحكومات في هذا السياق خلال جائحة كوفيد-19. وقد نشأ هذا الموقف لأن بعض الوكالات الحكومية تفتقر إلى المنافسة والتحقق في مجال التحول الرقمي وفرق الصيانة. وبالتالي فإن الأشخاص يزورون هذه المواقع فقط لأداء لمهام أو الحصول على المعلومات. وقد لاحظت اللجنة الوطنية للتحول الرقمي (2022) انخفاض عمليات إنشاء ملفات تعريف المستخدمين على بوابات الخدمات الإلكترونية الوطنية (ESP) في سياق مؤشر أداء الحوكمة والإدارة العامة الإقليمية (PAPI) مما يشير إلى وجود تحديات في مجال واجهات خدمة الحكومة الإلكترونية غير الصديقة للمستخدم (Enhancing User-Friendliness, 2023). وتعد معالجة الفجوة الرقمية والقيود المفروضة على الخدمات الإلكترونية أمورا بالغة الأهمية إلى جانب مراقبة الاستخدام وليس فقط التقييم لتعزيز الشفافية وإشراك المواطنين وتحقيق المرونة من خلال التحول الرقمي في قطاع الوكالات العامة (GovTech Maturity Index, 2022). وقد اضطرت المجتمعات نتيجة لتفشي كوفيد-19 إلى التكيف مع العصر الرقمي من خلال إقرار السياسات التي تدعم هذا الاتجاه (Park et al., 2022).

النظرية الموحدة لتقبل واستخدام التكنولوجيا (UTAUT) تؤثر على قيمة تجربة المستخدم في مجال خدمات الحكومة الإلكترونية التي تدفع نحو تبني التكنولوجيا. وتوصي الدراسة بأن يقوم صناع السياسات والقرار في قطر بإنشاء خدمات إلكترونية متكاملة ببيانات دقيقة وإنشاء مركز أبحاث لمعالجة تحديات المستخدمين من خلال المشاركة الإلكترونية والتركيز على محو الأمية الرقمية لتعزيز التحول الرقمي. في حين يجب على سنغافورة تعزيز إمكانية النفاذ باعتبارها تشكلا أمثالا للمعايير. ويجب على كلا البلدين تعزيز اختبار تجربة المستخدم من خلال إشراك مستخدمين متنوعين بما في ذلك ذوي الإعاقة وأدوات الذكاء الاصطناعي بشكل جزئي. وتقدم هذه الدراسة الإرشادات للممارسين والباحثين والمؤسسات للاستفادة من رؤية تجربة المستخدم للتعاون وإقامة شراكات عملية وأبحاث مستقبلية لتجاوز القيود الموجودة الأمر الذي يثبت أهمية تجربة المستخدم في نجاح رحلة التحول الرقمي.



## 2. خلفية

### 2.1. الإطار المفاهيمي والنظري

#### 2.1.1. التحول الرقمي والحكومة الإلكترونية وتجربة المستخدم

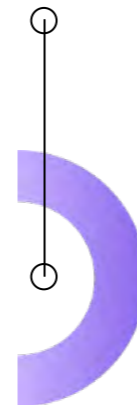
لا يقتصر التحول الرقمي على تنفيذ مشاريع التكنولوجيا فحسب بل يتضمن دمج التكنولوجيا عبر التغيرات التنظيمية والمؤسسية مدفوعة بأهداف العمل واحتياجات العملاء بشكل استراتيجي (Bloomberg, 2018). وقد أعطى المشاركون الأولوية للنتائج القائمة على البيانات والتي تركز على العملاء لتحقيق نتائج ذات مغزى (Cohen & Neubert, 2019). وبينما يركز التحول الرقمي على المستخدم فإن التكنولوجيا هي محور الرقمنة وعمليات التكنولوجيا الرقمية. حيث يتم التعامل مع المعلومات من خلال الرقمنة وتتم إدارة العمليات من خلال عمليات التكنولوجيا الرقمية ويتم توجيه استراتيجية المنظمة بالكامل من خلال التحول الرقمي (Bloomberg, 2018). ولذلك فإن الحكومات تستفيد من مزايا من تكنولوجيا المعلومات والاتصالات لتحسين وتوسيع الخدمات عبر مختلف القطاعات بما في ذلك الرعاية الصحية والتعليم والاقتصاد من خلال مفهوم جديد ناشئ "الحكومة الإلكترونية" (Kartik et al., 2016)

يشير مصطلح الحكومة الإلكترونية (e-gov) إلى استخدام التكنولوجيا وتطبيقات الإنترنت لتقديم الخدمات للمجتمع (المواطنين والموظفين والكيانات الحكومية والقطاع الخاص والمنظمات ذات الصلة) (Layne & Lee, 2001, p. 123, Svärd, 2017). وقد عرّفت الأمم المتحدة (UN) الحكومة الإلكترونية في البداية على أنها استخدام تكنولوجيا المعلومات والاتصالات لتقديم الخدمات الحكومية عبر الإنترنت. ثم يتم تبادل المعلومات لتسهيل الابتكار في الحكومة من خلال التوسع لتشمل مشاركة المواطنين والشركات والكيانات الحكومية والبيانات المفتوحة (قاعدة بيانات الحكومة الإلكترونية للأمم المتحدة، 2022). وكما أفاد فانج (Fang 2002) وألديمير وسين (SengAldemir 2021) بأن الحكومة الإلكترونية قد طورت تكنولوجيا المعلومات والاتصالات وتطبيقات الويب لتوفير نفاذ جيد إلى المعلومات والخدمات الحكومية من أجل تحسين جودة الخدمة وتعزيز المشاركة الديمقراطية وخاصة في صنع القرار في الحكومة المحلية. وتهدف مبادرات الحكومة الإلكترونية إلى نشر المعلومات على نطاق واسع من خلال التطبيقات القائمة على الويب للتواصل ثنائي الاتجاه في المجتمع وإحداث التحول في السلوكيات من خلال تنفيذ الخدمات بما يتماشى مع استثناءات المستخدمين (Archmann & Iglesias, 2010; Richard, 1999; Worthy, 2010)

ترتبط تجربة المستخدم (UX) بالجودة الشاملة لتجربة المستخدم (Wechsung & De Moor, 2014). وتقوم قابلية الاستخدام بتقييم ميزات التكنولوجيا أو خدمات الاتصالات لقياس رضا المستخدم عن تلبية احتياجاته (Möller, 2023). وتعرف المنظمة الدولية لتوحيد المقاييس (ISO 9241-210) تجربة المستخدم على أنها تصور الأفراد قبل أو أثناء أو بعد استخدام خدمة أو نظام ما بما في ذلك التأمّلات في سلوكياتهم وتفضيلاتهم وراحتهم وعواطفهم إلى جانب تحقيق الأهداف بكفاءة (مقدمة إلى تجربة المستخدم، 2023). ويعتمد تحسين قبول المستخدم للتكنولوجيا على خبرة تصميم التفاعل بين الإنسان والحاسوب (HCI) في استخدام التكنولوجيا (Hassenzahl & Tractinsky, 2006). ويهدف ذلك إلى رفع كفاءة أنظمة المعلومات مع التركيز على المستخدم البشري في سياقات الخدمة الرقمية والتكنولوجيا. وقد أكد (Hassenzahl & Tractinsky, 2006) على أهمية معالجة وتخفيف إحباط المستخدم الذي ينشأ عن تفاعلات الإنسان والآلة لضمان النجاح. ويعد فهم سلوك المستخدم ومستوى إمكانية نفاذ المستخدمين من ذوي القدرات المختلفة إلى التكنولوجيا الجديدة أمر بالغ الأهمية لأنه يسهل تطوير التفاعلات المعززة وتقبل التكنولوجيا (Möller, 2023; Othman et al., 2024)

لقد افترضنا في بحثنا هذا أن سهولة استخدام خدمات الحكومة الإلكترونية تؤثر بشكل إيجابي على مواقف الناس وسلوكيات الاستخدام من حيث تقبل التكنولوجيا وهو الأمر الذي يعزز من نضج التكنولوجيا الرقمية. وتتجاهل الدراسات حول مستوى القبول لخدمات الحكومة الإلكترونية جهود الحكومة لتعزيز تجربة المستخدم من خلال الخدمات الرقمية (Kumar et al., 2017). وتتفوق سنغافورة على قطر في مجال استخدام إطار عمل النظرية الموحدة لتقبل واستخدام التكنولوجيا (UTUAT) لاختبار الفرضيات واستكشاف كيفية تأثير بساطة الخدمة الإلكترونية على تقبل المواطنين للتكنولوجيا والمساهمة في نضج التكنولوجيا الرقمية. ومن خلال تحليل مختلف المنصات بواسطة أدوات مؤتمتة وبيانات ثانوية من تقارير الأمم المتحدة والبنك الدولي نقوم بتقييم تأثير واجهات المستخدم المعقدة على قبول تجربة المستخدم والتكنولوجيا في المنصات الإلكترونية في قطر وسنغافورة. ويتم استخدام أهمية مقاييس تحليلات الويب لفهم المحتوى الحالي ودوافع واحتياجات المستخدم على الرغم من أننا لا نستطيع فهم الأسباب وراء هذه الإجراءات (Dumas & Loring, 2008). ويساعد تحليل المواقع الحكومية من منظور المستخدم على سد الفجوات بين النظرية والتطبيق وتحديد مستوى نضج الخدمة الرقمية ومشاركة المواطنين واستخلاص الدروس وتحديد التحديات وخلق قيمة للإدارة العامة من خلال تحليل تجربة المستخدم عبر مختلف السياقات.

ستعرض هذه الورقة أولاً الأدبيات ذات الصلة وتستكشف الإطار المفاهيمي والنظري التحول الرقمي والحكومة الإلكترونية وتجربة المستخدم في الخدمات الإلكترونية. وسنقوم بفحص العلاقة بين سلوكيات قبول المستخدم واستخدام التكنولوجيا باستخدام إطار النظرية الموحدة لتقبل واستخدام التكنولوجيا (UTAUT). كما سنتفحص الحالة الحالية لمبادرات (GovTech) والمؤشرات العالمية في قطر وسنغافورة من خلال تحليل مقارن. ثم سيوضح قسم المنهجية كيفية جمع البيانات والمصادر المستخدمة للتحليل وتوليد النتائج. وسنسلط الضوء أيضاً على القيود والمساهمات في دراستنا. لنقوم بعدها بتحليل منصات الحكومة الإلكترونية في قطر "حكومي" و"Developer" في سنغافورة. وتُظهر سنغافورة أداءً متفوقاً والتزاماً بأفضل الممارسات والامتثال للمعايير وتكامل البيانات بينما تتفوق قطر في مجال إمكانية النفاذ على الرغم من البيانات المجزأة. وتؤثر الاختلافات من حيث مشاركة المواطنين ومفهوم البساطة والمعدلات الديموغرافية على تقبل التكنولوجيا ونضج الخدمات الإلكترونية. كما يعد فهم التطورات والعقبات في كلا البلدين وتأثيرها على التحول الرقمي أمراً بالغ الأهمية. ثم ستتطرق هذه الورقة لمناقشة المساهمات والقيود النظرية والعملية. وأخيراً يقدم هذا التقرير توصيات ورؤى للمساعدة في ضمان نجاح رحلة التحول الرقمي للمستخدمين وهو ما يمثل أولوية قصوى للمنظمات الحكومية وصناع السياسات والمطورين والباحثين في المستقبل.



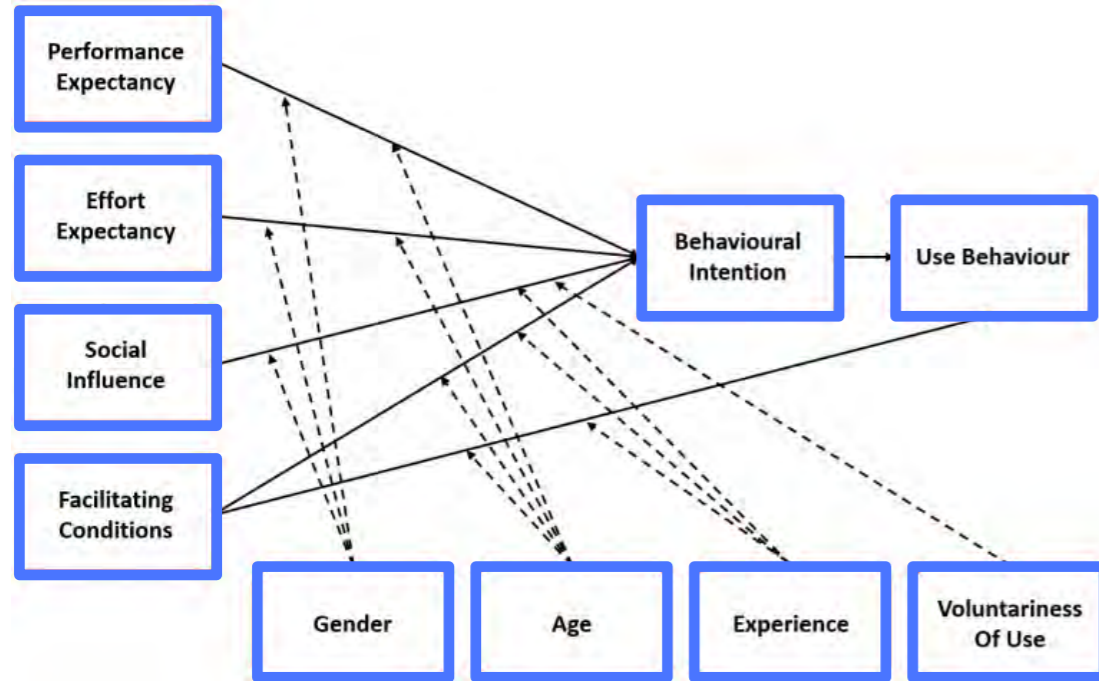
## 2.1.2. الحكومة الإلكترونية ومشاركة المواطنين

تقوم 30% فقط من البلدان بنشر إحصاءات حول مشاركة المواطنين مما سبب نقصاً في مشاركة مدخلات المواطنين واستجابات الحكومة لها في صنع السياسات. وعلى الرغم من التقدم في لوائح النفاذ إلى البيانات إلا أن القوانين الحالية وتفتيتها لا يزالان متخلفان عن اللاحق بالركب (مؤشر نضج التكنولوجيا الحكومية، 2022). وقد أكدت تصنيفات مؤشر تطور الحكومة الإلكترونية على أهمية التقليل من المخاطر وتعاون الوكالات الحكومية لإنجاح الحكومة الإلكترونية (Escobar et al., 2023; Sangolt & Keitsch, 2016). كما أدت مشاركة المواطنين والحكومة من خلال توفير استراتيجية اتصال متعددة القنوات إلى تحسين تطبيقات الخدمة الذاتية عبر الإنترنت (Madsen & Kræmmergaard, 2016; Nielsen, 2016). وأكد مرزوقي وآخرون (2017) على المنهجيات التي تركز على المواطنين وتعزز تقبل التكنولوجيا والاستقلالية عبر مستويات الحكومة التي تتأثر بسلوكيات ومواقف المستخدمين (Cahlikova, 2017). كما أثر التعليم ومستوى الدخل المرتفع على تبني التكنولوجيا واستخدامها وتقبلها حيث كانا بمثابة مؤشر لاستخدام الخدمات التكنولوجية (Zmud, 1979; Al-Gahtani et al., 2007; Abu-Shanab, 2011).

لقد فشلت مبادرات الحكومة الإلكترونية بسبب إعطاء الأولوية للعمليات بدلاً من احتياجات المواطنين والقيود المالية والسياسية والبنية التحتية (Rammea & Grobbelaar, 2017; Tchao et al., 2017). كما تعمل الحكومة غير الفعالة والمهارات الرقمية غير الكافية وعدم التوافق الاستراتيجي على إعاقة تطور المنظمات (Deist et al., 2022). ويتطلب تحول القطاع العام تعديلات سياسية/قانونية لديناميكيات المتطورة (Akomode et al., 2002). كما يتطلب نجاح الحكومة الإلكترونية إعطاء الأولوية للمواطنين وتوفير الخصوصية/الأمان القوي (Layne & Lee, 2001). وقد أشرت الثقافة التنظيمية نجاح التغيير مما يتطلب التكيف وخاصة في الكيانات الأكبر (Altameem et al., 2006). وبعد تنفيذ الاستراتيجيات من خلال إجراءات محددة أمراً أساسياً لتحقيق الفوائد المجتمعية/الاقتصادية (Altameem et al., 2006). كما تؤثر العمليات على نجاح التحول الرقمي (Töytäri et al., 2017). وتختلف طرق تقديم الخدمات الإلكترونية من حيث التأثير على الولاء وسلوك المستهلك ومعدل الرضا (Rowley, 2006). وقد أعطى (Lee and Lin 2005) الأولوية للتجربة العملية لتعزيز الثقة مع المواطنين أو العملاء. حيث يتم تحقيق الرضا عندما تلبي الخدمات عبر الإنترنت احتياجات المستخدمين عبر إعدادات مرنة. وعلى النقيض من ذلك فسيؤثر الولاء والرضا سلباً بفشل الخدمات الإلكترونية (Wachter, 2002; Zhang & Prybutok, 2005). وهكذا فإن تجارب خدمة الويب والحكومة الإلكترونية تلعب دوراً محورياً في نجاح المشاريع الحكومية في مجال التحول الرقمي (Rowley, 2004).

## 2.1.3. تقبل المواطنين للخدمات الإلكترونية

يحسن إدخال واستخدام التكنولوجيا من أداء المنظمات. وقد تفحصت نظريات مختلفة العوامل المؤثرة على تقبل الخدمة الرقمية والمشاركة فيها مما يساعد على تحسين الأداء. وأفادت نماذج قبول التكنولوجيا (TAMs) التي يتم اقتراحها عادةً على المستوى التنظيمي بأن المستخدمين يرون أن الخدمات الرقمية مفيدة لهم وسهلة الاستخدام (Davis, 1985; Park et al., 2022). ومع ذلك فقد انتقد (Venkatesh and Bala, 2008) نموذج قبول التكنولوجيا الموسع 2 (Venkatesh & Davis, 2008) (TAM2)



الشكل 1 النظرية الموحدة لقبول واستخدام التكنولوجيا (UTAUT) (Venkatesh et al., 2003)

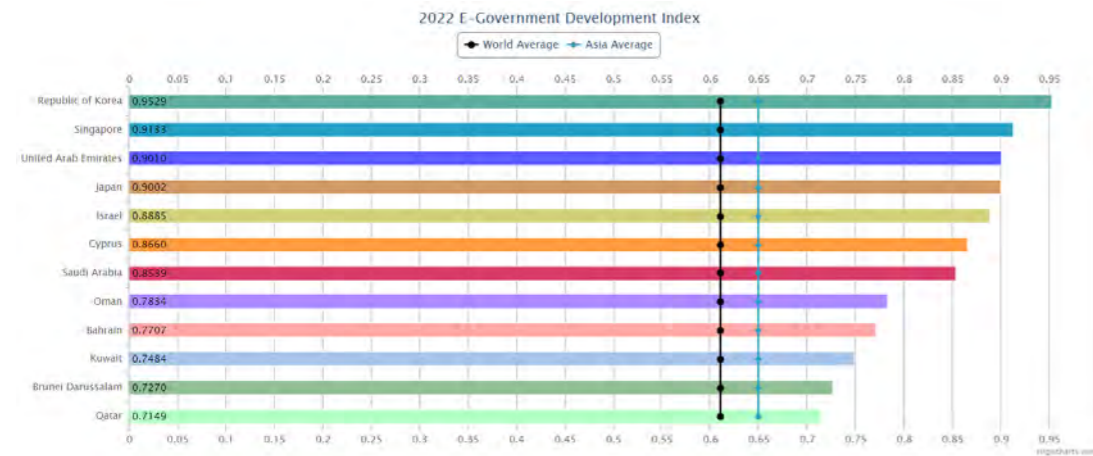
لقد تم اقتراح النظرية الموحدة لقبول واستخدام التكنولوجيا (UTAUT) للتغلب على قيود نموذج قبول التكنولوجيا الموسع (TAM2A). وتعتبر النظرية الموحدة لقبول واستخدام التكنولوجيا (UTAUT) نموذجاً مفتاحياً لفهم تقبل المستخدم لتكنولوجيا المعلومات في أي منظمة. حيث يشرح هذا النموذج نوايا المستخدم وسلوكياته فيما يتعلق باستخدام أنظمة المعلومات والخدمات مع التركيز على توقعات الأداء وتوقعات الجهد والتأثير الاجتماعي والظروف التيسيرية وعوامل أخرى مثل العمر والجنس والخبرة وتأثير التحكم الطوعي لأربعة عوامل رئيسية (Venkatesh et al., 2003; UTAUT, 2023). كما يحدد التأثير الاجتماعي والعوامل الخارجية النية لاستخدام التكنولوجيا والموقف منها. ولذلك فقد يتغير تصور المستخدمين بناءً على الجنس والخبرة أو العمر (Venkatesh et al., 2003; - Innovation Acceptance Lab, 2023). إنه نموذج تقييم للعوامل التي تؤثر علينا التي تشكل بدورها سلوكنا تجاه استخدام التكنولوجيا



## 2.2. مقاييس الحكومة الإلكترونية:

### مستوى النضج الحالي في قطر وسنغافورة

تسعى الحكومات وخاصة خلال جائحة كوفيد-19 إلى تحسين الخدمات العامة من خلال زيادة العروض الرقمية. وتركز الاتجاهات العالمية على المنهجيات التي تركز على العملاء لتعزيز رضا المواطنين (Government cx summit, 2024). وقد أعطت استراتيجيات الحكومة الإلكترونية في قطر وسنغافورة الأولوية للتحول الرقمي وتقبل التكنولوجيا لتحقيق الرؤى الوطنية (التحول الرقمي في قطر، 2021؛ مخطط الحكومة الرقمية، 2020). وفي حين ركزت قطر على تطوير تكنولوجيا المعلومات والاتصالات وإمكانية النفاذ إلى الخدمات الإلكترونية (سياسة تسمو، 2020) فقد أعطت سنغافورة الأولوية للتعاون من أجل تقديم الخدمات العامة بكفاءة (Researchers, 2022). ويقيم مؤشر استخدام تجربة العملاء (CXI) ولاء العملاء من خلال معدل المناصرة والاحتفاظ بهم مدفوعًا بتلبية الاحتياجات وإمكانية النفاذ والمشاركة العاطفية (Gill, 2023). وفي عام 2022 صنف مؤشر تنمية الحكومة الإلكترونية للأمم المتحدة (EGDI) قطر في المرتبة 78 (مرتفع) وسنغافورة في المرتبة 12 (مرتفع جدًا) من بين 193 دولة بما يعكس مبادرات التحول الرقمي الحكومية. ومن بين الدول الآسيوية ذات الدخل المرتفع احتلت قطر المرتبة 12 بينما احتلت سنغافورة المرتبة الثانية (الشكل 2) حيث برزت كفاءة سنغافورة المتفوقة في تقديم الخدمات عبر الإنترنت مقارنة بقطر (مؤشر تنمية الحكومة الإلكترونية للأمم المتحدة، 2022). وتتفوق سنغافورة على قطر إقليميًا وعالميًا بينما جاءت قطر بعد الإمارات العربية المتحدة في منطقة غرب آسيا. كما تتفوق سنغافورة في مؤشر الخدمة عبر الإنترنت مقارنة بقطر حيث سجلت كلتا الدولتين أعلى الدرجات (1) فيما يتعلق بالإطار المؤسسي. كما سجلت قطر أدنى مؤشر للمشاركة الإلكترونية بينما تتفوق سنغافورة إلى توفير المحتوى ولكنها تفوقت في تقديم الخدمات الإلكترونية والمشاركة الإلكترونية (الشكل 3)



الشكل 2 مؤشر تنمية الحكومة الإلكترونية (EGDI) (الأمم المتحدة، 2022).

وقد سجلت قطر في فحص مؤشر رأس المال البشري (HCI) 93.46 و 70.56 في مجال محو أمية البالغين ونسبة الالتحاق الإجمالية بالتعليم على التوالي. بينما تفوقت سنغافورة بحصولها على 97.48 و 100 لنفس المؤشرات. أما في مؤشر البنية التحتية للاتصالات (TII) فقد أظهرت سنغافورة وقطر أوجه تشابه في النطاق العريض للهاتف المحمول والخلوي النشط ولكن مع معدلات أقل للنطاق العريض الثابت كما أن لدى قطر عدد كبير من مستخدمي الإنترنت.

تتكون الخدمات الإلكترونية من مكونات مختلفة يتم تقييمها بشكل فردي من قبل الزوار وتنفيذ المعاملات على مدى تقبل العملاء للتكنولوجيا (Chung & Paynter, 2002). كما تختلف خدمات الحكومة الإلكترونية من حيث المستويات حيث تظهر خدمات المعاملات خصائص مميزة وبالتالي تؤثر على تجربة المستخدم (Gottschalk, 2009). وبالتالي فإن إعادة تقييم خدمات الحكومة الإلكترونية تعد أمراً ضرورياً (Li & Zhao, 2003). وقد ركزت الدراسات السابقة على نجاح عملية الرقمنة وتقبل التكنولوجيا (Matt et al., 2015) ولكنها تجاهلت تجربة المستخدم أثناء استخدامه للخدمات الإلكترونية. ونحن نفترض هنا أن تعقيد خدمات الحكومة الإلكترونية يعيق التقبل الفردي للتكنولوجيا بسبب السلبية في تجربة المستخدم مما يؤخر نضج التصميم التكنولوجي. إن مجرد التأكيد على التكنولوجيا واستراتيجيات الأعمال غير كافي (Hess et al., 2016). حيث يجب أيضاً تعزيز الروابط بين الحكومة والمواطنين من خلال أنظمة رقمية مصممة حسب السياق مما يعزز الاستدامة والقدرة التنافسية (Pittaway & Montazemi, 2020)

تؤكد دراستنا على تحديات تجربة المستخدم في منصات الحكومة الإلكترونية الرئيسية مع تحليل مقارن لقطر وسنغافورة لتحديد آثار هذه التجربة على تقبل التكنولوجيا على رحلة التحول الرقمي. كما أن تقييم فعالية هذه المنصات يتطلب معالجة الفجوات المحتملة بين التوقعات العالية ورضا المستخدم في قطر. ومن خلال استخدام نموذج النظرية الموحدة لقبول واستخدام التكنولوجيا و(UTAUT) ومقارنته بحالة سنغافورة التي تتبع أفضل ممارسات الحكومة الرقمية (البنك الدولي، 2022) يمكننا أن نكتشف رؤى مفيدة حول سلوك التقبل لدى المستخدمين (قبول المستخدم لتكنولوجيا المعلومات، 2003). لقد تم اختيار بلدين بعدد سكان متشابه تقريباً في عام 2022 (2,695,122؛ 5,637,022) ومعدلات نمو الناتج المحلي الإجمالي (4.83%، 3.65%) لقطر وسنغافورة على التوالي (بيانات البنك الدولي المفتوحة، 2022). وقد احتلت قطر وفق مؤشر نضج التكنولوجيا الحكومية (2020) المرتبة العاشرة في غرب آسيا وهي مرتبة تعكس نضج التحول الرقمي (Nielsen & Ali, 2021). في حين تصدر سنغافورة مجال الحكومة الرقمية (Dener et al., 2021) حيث احتلت المرتبة السابعة في مؤشر تطوير الحكومة الإلكترونية في عام 2018 والمرتبة الثانية في مؤشر الخدمات عبر الإنترنت من بين 193 دولة (تصنيف الحكومة الرقمية، 2023). ومع ذلك وفي ظل السياقات الثقافية والاقتصادية والسياسية المتنوعة فإن هذه الدول المتحولة رقمياً توفر دراسات حالة عالمية قيمة حول تجربة المستخدم وعلاقة تقبل التكنولوجيا من خلال مبادرات الحكومة الإلكترونية (الراسخة، سنغافورة، 2022)



الإلكترونية والذكاء الاصطناعي الالتزام بتحقيق التقدم (Erh, 2023). كما يعمل التعاون مع القطاع الخاص على تعزيز الخدمات الرقمية لضمان إنجاز تبادلات ومعاملات فعالة. وتظل تجربة المستخدم في هذا السياق بالغة الأهمية مع البحث والتطوير المستمرين لضمان التركيز على المستخدم (crUX, 2018). ومع ذلك فلا تزال التحديات المستمرة في التنقل عبر الموقع الإلكتروني تتطلب استشارة المستخدمين باستمرار (Researchers, 2022)

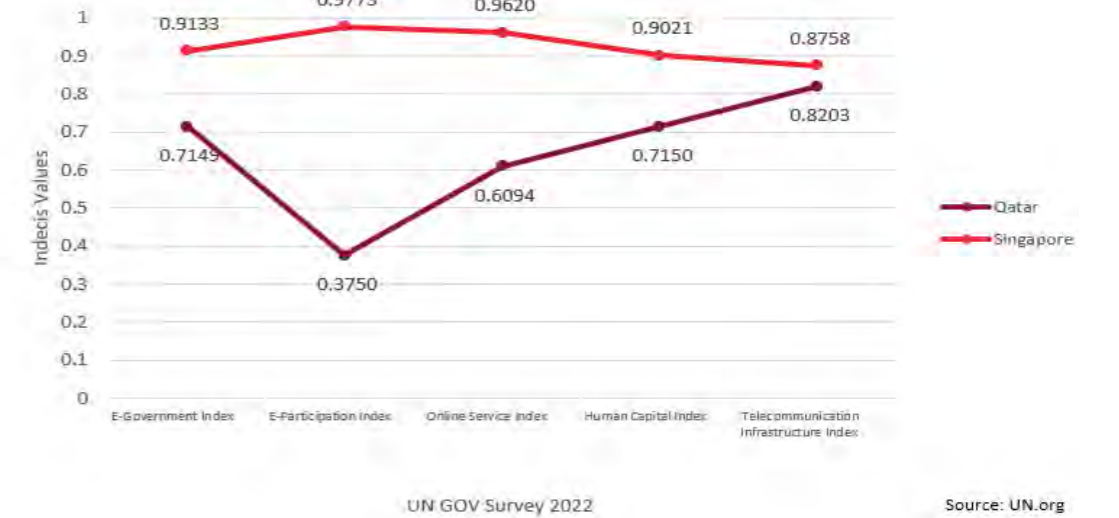
### 3. القيود والمساهمات

تؤكد الدراسات الحديثة على تطوير أدوات التكنولوجيا (Abdullah et al., 2016) وتشمل عوامل نجاح التحول الرقمي مبادرات الحكومة الإلكترونية وتوفير الرؤية وتكنولوجيا المعلومات والاتصالات والتعليم والشرعة. ومن جهة أخرى فإن العوامل الفردية مثل إمكانية النفاذ وسهولة الاستخدام تحتاج إلى المزيد من البحث التجريبي خارج الإعدادات التنظيمية (Jeon et al., 2011). وعلى الرغم من توفر البنية التحتية التكنولوجية المتقدمة إلا أن فائدتها لا تزال موضع نقاش (Park et al., 2022). ويعد فهم مدى قابلية تطبيق النتائج السابقة في السياقات التكنولوجية والاجتماعية أمر ضروري. وتكشف مؤشرات قطر وسنغافورة العالمية عن مشكلات فنية في مؤشر تمكين التكنولوجيا الحكومية (GTEI) تتطلب بذل الجهود لتحسين أداء هذا المؤشر

تعد كلتا الدولتين صغيرتان وتشتركان في أوجه تشابه ولكنهما تفتقران إلى تحليل شامل للتحول الرقمي المتقدم في سنغافورة في الحكومة الإلكترونية في قطر وخاصة من حيث فهم دور تكنولوجيا المعلومات كمكن أو عائق. وهكذا فإن هذا البحث يهدف إلى تحديد العقبات التي تواجه منصة الحكومة الإلكترونية في قطر ونظيرتها الأقل تقدماً في سنغافورة. ونحن نفترض هنا أن غياب سهولة استخدام خدمات الحكومة الإلكترونية يؤثر سلباً على مواقف الناس وسلوكياتهم تجاه تقبل التكنولوجيا. كما نستخدم تحليل منصات الحكومة الرئيسية لكلا البلدين للكشف عن فجوة النضج المحتملة في قطر والتأكيد على أهمية تجربة المستخدم وخاصة المتقدمين في السن أو المستخدمين ذوي الإعاقة. ويحتاج هذا التقييم إلى قياس مدى التقبل خارج الحدود التنظيمية. وتتأثر قرارات المستخدم بشأن تبني التكنولوجيا الجديدة بالفائدة المتوقعة منها وسهولة استخدامها حيث تعزز البساطة المواقف الإيجابية ويعيق التعقيد تقبل التكنولوجيا (نموذج تقبل التكنولوجيا، 2024)

تهدف هذه الدراسة إلى التأكيد على دور تكنولوجيا المعلومات في تعزيز الواجهات سهلة الاستخدام وتعزيز تجربة المستخدم وهو أمر بالغ الأهمية لقبول الخدمة الرقمية ونجاحها. ويساهم بحثنا في إضافة رؤى يمكن أن تعمل على تحسين منصات الحكومة الإلكترونية الأكثر فعالية وسهولة في الاستخدام. كما تشير نتائجنا إلى أهمية سهولة الاستخدام وتجربة المستخدم وتكامل البيانات من وجهات نظر فردية فيما يتعلق بتقديم الخدمة (Park et al., 2022). وتؤثر تجارب الويب على رضا المستخدم وسلوكه وعادات التسوق لديه (Kumar et al., 2017). كما يقدم هذا البحث توصيات عملية لمساعدة صناع السياسات والمصممين والباحثين في تحسين مشاريع التصميم الرقمي

وعلى الصعيد العالمي وبينما تحفز مشاركة المواطنين بدرجة 0.449 على تعزيز قنوات الاتصال فقد نشرت 30 دولة فقط بياناتها حول أداء تقديم الخدمات في مبادرات التحول الرقمي (مؤشر نضج التكنولوجيا الحكومية، 2022؛ قطر، 2022؛ سنغافورة، 2022). وقد سجل مؤشر نضج التكنولوجيا الحكومية (GTMI) درجات أداء منصات الحكومات الإلكترونية وتقدم التحول الرقمي (GovTech Dataset, 2023). حيث يقيم هذا المؤشر مدى نضج التكنولوجيا الحكومية ويحدد مجالات التحسين المحتملة (GTMI, 2022)



**الشكل 3** مقارنة بين مؤشر التبنّي الرقمي (DAI) والمؤشرات الفرعية لقطر وسنغافورة 2016 (مؤشر التبنّي الرقمي، 2016)

يركز مؤشر التبنّي الرقمي على "جانب العرض" وتوافر الخدمات والبنية الأساسية الرقمية مقارنة بالاستخدام. وتحتل قطر المرتبة 35 على هذا المؤشر بينما تصدر سنغافورة المرتبة الأولى بين 180 دولة. وعند التعمق في المؤشرات الفرعية لمؤشر التبنّي الرقمي فإن حكومة سنغافورة تحقق أعلى قيمة لمؤشر التبنّي الرقمي عند 0.957 بينما تسجل قطر أدنى قيمة عند 0.604 (الشكل 3). ويظهر كلا البلدين قيم متقاربة للتبنّي الرقمي الذي يركز على الناس. ويفيد تعزيز التبنّي الرقمي المجتمع من خلال نمو الأعمال وتحسين الرفاهية وتقديم الخدمات الإلكترونية بكفاءة ومساءلة الحكومة (مؤشر التبنّي الرقمي، 2016). وتهدف قطر إلى رفع معدل استخدام الخدمات الإلكترونية إلى 80% من خلال تعزيز الثقة في المعاملات الآمنة عبر الإنترنت (استراتيجية الحكومة الإلكترونية في قطر 2020). وتتماشى جهود التحول الرقمي مع رؤية قطر 2030 وتبني تكنولوجيا المعلومات بنسبة 50% بحلول عام 2024 والوصول الشامل إلى النطاق العريض/5G (التحول الرقمي في قطر، 2021). كما تعمل بوابة "حكومي" على تبسيط التفاعل بين المواطنين والحكومة (برنامج الحكومة المتكاملة، 2021) ولكن هناك تحديات متنوعة تقف في وجه التبنّي الرقمي مثل درجة الوعي ومخاطر الأمان (استراتيجية الحكومة الإلكترونية في قطر 2020). وتعمل مبادرة "تسمو" على تعزيز الطول الذكية من خلال الأطر القانونية وإمكانية النفاذ وتدابير الأمان التي تدعم تطور الحكومة الإلكترونية في قطر (المواقع الحكومية، 2016؛ سياسة تسمو 2020)

وتعطي حكومة سنغافورة الأولوية لاحتياجات أصحاب المصلحة من خلال تعزيز المهارات والتكيف (حكومة سنغافورة، 2021). وتعمل خطة الحكومة الرقمية التي تسارعت بسبب كوفيد-19 على تعزيز مبادرات الأمة الذكية (خطة الحكومة الرقمية، 2020). وقد أثبتت استراتيجيات التجارة



## 4. المنهجية

بالتوافق مع هدف البحث المتمثل في استكشاف تجربة المستخدم وسهولة الاستخدام في منصات الحكومة الإلكترونية "حكومي" في قطر و"Developer" في سنغافورة لفهم تأثيرها على تقبل التكنولوجيا ومبادرات التحول الرقمي. ونحن نستخدم أدوات آلية مثل (Similarweb) و(Lighthouse) و(ADA Site Compliance) كأدوات مناسبة لهذا الغرض. وقد قدمت (SimilarWeb) رؤى غنية حول حركة المرور على موقع الويب وكلمات البحث السائدة والتركيبة السكانية للجمهور والموقع الجغرافي وإجمالي الزيارات لكل فترة ومقاييس المشاركة والتحليل المقارن مع مواقع الويب المنافسة (SimilarWeb, 2024). كما يسهل (Lighthouse) تقييم أداء موقع الويب والامتثال لأفضل الممارسات واعتبارات قابلية الاستخدام ونضج المحتوى إلى جانب تسليط الضوء على المجالات التي تحتاج إلى تحسين (Lighthouse Report Viewer, 2024). ومن الجدير بالذكر أن التحقق من إمكانية النفاذ قد استخدم المعايير المعمول بها لضمان الشمول للمستخدمين ذوي القدرات والإعاقات المتنوعة مثل توفير النص للصور كعناصر بديلة وتباين الألوان والتعدد اللغوي لإحداث تأثير وتقبل جيد للتكنولوجيا من قبل جميع الزوار (ADA Site Compliance, 2022)

تعتمد منهجية البحث على التحليل الكمي باستخدام تحليل مواقع الويب واستخدام تحليل المقارنة النوعية (QCA) للحصول على رؤى شاملة ناتجة عن مقارنة حالات متعددة لتحديد مجموعات مختلفة من المتغيرات التي تؤدي إلى نتائج مماثلة أو استخدام درجات متفاوتة من التأثير للحصول على نتائج مثبتة (Ragin, 1987; Rihoux and Ragin, 2009). ويعد هذا النهج فعالاً بشكل خاص لفهم كيفية تأثير المتغيرات المستقلة المختلفة على النتائج (Rihoux et al., 2011). ولفحص محتوى وواجهات منصات الحكومة الإلكترونية الرئيسية للحصول على رؤى تجريبية لفهم مستوى تقبل التكنولوجيا بناءً على تحليل مقاييس أداء مواقع الويب

يقوم تحليلنا بتبسيط المقارن بين الحالات المختلفة من خلال استخدام نموذج السياق والمحتوى والعملية (CCP) الذي اقترحه كل من ديفوس (Devos et al. 2007) وكيمير (Kimmer 2012). ويشمل هذا النموذج المؤشرات والحوكمة والحكومة الإلكترونية وتقييم الأثر. ويؤكد نيلسن (Nielsen 2017) بشكل أكبر على كيفية تأثير كل بُعد من هذه الأبعاد كما أفاد كيمير (Kimmer 2012) على العمليات والخيارات والنتائج في مجال تقديم الخدمات الإلكترونية. ونحن هنا نقوم بتقييم تجربة المستخدم للمنصات الحكومية من خلال التركيز على نقاط القوة والتحديات تجاه قبول التكنولوجيا من خلال استخدامنا لهذا الإطار. كما أننا نستفيد من تحليل البيانات الثانوية في التقارير التي تم إنشاؤها بواسطة أدوات آلية سابقة وكذلك المصادر الموثوقة بما في ذلك مواقع الويب الحكومية الوطنية والتقارير الوطنية والدولية من الأمم المتحدة والبنك الدولي. ويشمل تقييم مؤشر تنمية الحكومة الإلكترونية مؤشرات فرعية مثل استراتيجيات الحكومة الإلكترونية الرقمية وكفاءة تقديم الخدمات العامة واستكشاف التأثير المترابط لهذه المؤشرات (مؤشر تنمية الحكومة الإلكترونية للأمم المتحدة، 2022؛ قطر، 2022؛ سنغافورة، 2022). كما يركز التحليل على الموضوعات المشتركة التي يتم استخلاصها بناءً على نموذج النظرية الموحدة لتقبل واستخدام التكنولوجيا (UTAUT) مثل توقعات الأداء وسهولة الاستخدام وإمكانية النفاذ والتأثير الاجتماعي ومشاركة المواطنين فيما يتعلق بخدمات الحكومة الإلكترونية والتي تعد حاسمة لمبادرات التحول الرقمي الناجحة وتقبل التكنولوجيا بين الجمهور. كما يقيم هذا البحث الأطر والسياسات القانونية والبنية الأساسية الرقمية وتجربة المستخدم (قابلية

الاستخدام والأداء وإمكانية النفاذ وآليات التغذية الراجعة وجودة المحتوى) والاستثمارات والشراكات والابتكار واتخاذ القرارات القائمة على البيانات لفحص نضج تجربة المستخدم للحكومة الإلكترونية بشكل شامل في كلا البلدين

يتم جمع البيانات من مصادر مختلفة واستخدام أدوات آلية سابقة ثم تحليل البيانات إلى أنماط مثل إرشادات تقييم قابلية الاستخدام لنيلسن (Nielsen 1994) لتحديد وحل مشكلات قابلية الاستخدام على الفور. وقد اقترح 10 قواعد لتقييم تصميم تفاعل المستخدم: (1) إجراءات النظام المستجيبة وغير المفاجئة (2) المحاذاة المنطقية بين لغة النظام والاستخدام في العالم الحقيقي (3) سيطرة المستخدم على وظائف التراجع/الإعادة والخروج (4) الاتساق مع معايير المنصة (5) منع الأخطاء من خلال إظهار الرسائل (6) استرجاع المعلومات القائم على التنشيط (7) المرونة (8) تعليمات المهام البسيطة (9) شرح الخطأ والمساعدة في الاسترداد (10) مستندات المساعدة التي يمكن البحث فيها بسهولة لدعم المستخدمين (Chatzidakis, 2022)

وتذهب هذه الورقة إلى ما هو أبعد من التحليل لاستكشاف التأثيرات والدروس والأساليب النموذجية في الخدمات الحكومية الإلكترونية. فهي تسلط الضوء على كيفية إعطاء الأولوية لسهولة الاستخدام في الخدمات الحكومية الإلكترونية أثناء التصميم. كما يتناول البحث الحواجز التكنولوجية وقضايا البيانات وتحديات مقاومة تقبل التكنولوجيا لتسليط الضوء على ما قد يعيق تبني التكنولوجيا. وتساهم المقاييس وتحليل الأداء لكلا الموقعين في تقديم توصيات لتحسين قابلية الاستخدام وإمكانية النفاذ. كما يؤدي تبني منهجيات مختلطة وتحليل شامل إلى تقديم رؤى قيمة حول فهم تجربة المستخدم في منصات الحكومة الإلكترونية وتزويد صناع السياسات والمطورين بتوصيات عملية لتعزيز تقبل التكنولوجيا من قبل المواطنين في مشهد الحوكمة الرقمية في كلا البلدين



## 5. النتائج والتحليل المقارن

يتضمن قسم التحليل والنتائج دراسة مقارنة بين موقعي "حكومي" في قطر و"Developer" في سنغافورة وتقييم تجربة المستخدم من وجهات نظر المستخدمين النهائيين والمطورين (developer.tech.gov.sg., n.d.; hukoomi.gov.qa., n.d.). وتضمنت عملية التقييم أدوات برمجية للتقييم الآلي مثل (SimilarWeb) و(Lighthouse) لتحليل ميزات تجربة المستخدم الرئيسية (الجدول 1). وقد أظهرت النتائج صحة الفرضية القائلة بأن التعقيدات في منصات الحكومة الإلكترونية في قطر تؤثر سلبًا على تقبل التكنولوجيا عند مقارنتها بسنغافورة. ويشير ذلك إلى أن مواقع الويب السنغافورية تتبع أفضل الممارسات وتستخدم نهج يركز على المستخدم عبر منصة واحدة بالتوازي مع الحفاظ على سلامة البيانات وهي تستمر في التحسين من خلال مركز أبحاث المستخدم. بينما تفوقت المواقع القطرية في إمكانية النفاذ والتركيز الكبير على خدمات الصحة الإلكترونية والتعليم الإلكتروني ولكنها تعاني في مجال منصات البيانات والخدمات الإلكترونية المجزأة الأمر الذي يعيق تبني التكنولوجيا. وتشير النتائج في كلتا المنصتين إلى أن كل من الأداء وتوقعات الجهد والظروف التيسيرية يؤثر على سلوك المستخدمين تجاه الخدمات الإلكترونية بما يتماشى مع النظرية الموحدة لتقبل واستخدام التكنولوجيا (UTAUT) وأن التأثير الاجتماعي يبقى محدوداً (الشكل 4، الجدول 1)



الشكل 4 مقارنة بين مواقع "حكومي" (قطر) و(Developer) (سنغافورة) باستخدام أداة (Lighthouse), (Lighthouse Report Viewer, 2024)

| الفئة                                      | قطر (hukoomi.gov.qa) "حكومي"   | سنغافورة (developer.tech.gov.sg)  |
|--|--|---|
| الأداء وسهولة الاستخدام                    | 39%  | 33%   |
| الخدمات الإلكترونية التي تركز على المستخدم | متضمن  | متضمن   |
| وقت إنجاز المهمة                           | تم العثور على معلومات مع رسالة خطأ   | تم العثور على معلومات مع خيارات تنقيح وتصنيف                                    |
| إمكانية النفاذ                             | يضمن تباين الألوان إمكانية القراءة ودعم متعدد اللغات والتنقل عبر لوحة المفاتيح وتمكين قارئ الشاشة والتكبير والتصغير (نتيجة 100%) | توافق مع قارئ الشاشة، روابط تعتمد على اللون لمن يعانون من ضعف البصر، (درجة 81%) |
| تصميم الواجهة                              | تصميم واضح ومتسق وسهل الاستخدام عبر الأجهزة ويخدم فئات سكانية متنوعة   | تصميم حديث وسهل الاستخدام، متجاوب مع الأجهزة المحمولة                           |
| شمول المحتوى                               | مجموعة واسعة من الخدمات ومبادرات حكومية مفتوحة وأدوات تفاعلية  | متجر شامل، معلومات شاملة، شفافية ومساءلة، عناصر تفاعلية                         |
| إمكانية البحث                              | محرك بحث فعال  | محرك بحث فعال   |
| تسلسل المعلومات                            | تنقل واضح في الموقع وسهولة النفاذ إلى المحتوى  | معلومات منظمة ومهيكلية منطقيًا  |
| جودة المحتوى وقابليته للقراءة              | يلبي احتياجات المستخدم ويقدم محتوى دقيق وواضح ومنسق جيدًا  | تلبية احتياجات المستخدم، محتوى دقيق وواضح ومنسق جيدًا                           |
| الشفافية والمساءلة                         | يحتاج إلى مزيد من التحقق ومبادرات البيانات المفتوحة ومنصات المشاركة  | آليات ردود الفعل، مبادرات البيانات المفتوحة، منصات المشاركة                     |
| الميزات التفاعلية                          | محدودة، مؤخرًا   | آليات ردود الفعل المتنوعة، منصات المشاركة                                       |
| المشاركة                                   | تم تشجيع التغذية الراجعة والاقتراحات   | تم تشجيع التغذية الراجعة والاقتراحات وتعزيز البيانات المفتوحة ومشاركة المواطنين |
| الرضا                                      | وقت طويل على الصفحة، ومعدل نقر مرتفع   | وقت طويل على الصفحة، مؤشر معدل النقر مرتفع ما يؤثر على الرضا                    |
| الملاحظات المباشرة للمستخدمين              | استخدام منصة Shark جنبًا إلى جنب مع الاستطلاعات عبر الإنترنت واستبيانات الرأي والمستندات   | جمع بيانات نوعية حول نقاط الضعف والتفضيلات                                      |

## 5.1 تجربة المستخدم في الحكومة الإلكترونية (توقعات الأداء والجهد)

تشمل عوامل تجربة المستخدم في سياق خدمات الحكومة الإلكترونية توفير الوقت والجهد والراحة وتسهيل الاستخدام والشفافية والمساءلة واستحقاق الثقة والمشاركة وهي عوامل تؤثر على سلوكيات المواطنين والمستخدمين (الجدول 1) (2022)، مؤشر نضج الحكومة الإلكترونية. وعلى العكس من ذلك فإن تأخر وقت الاستجابة وعدم توفر الخدمة والمعلومات القديمة وفشل المعاملات تعتبر جميعها عوامل تؤدي إلى عدم الرضا وتستلزم إعادة تقييم تقديم الخدمة. ويظهر كلا البلدين اختلافات في تجربة المستخدم وخاصة في أداء الموقع الإلكتروني وسهولة الاستخدام (hukoomi.gov.qa., 2024; developer.tech.gov.sg., 2024). كما يعتمد تقبل التكنولوجيا بشكل أكبر على مدى تحقيق الفائدة المتوقعة من استخدامها (Davis et al., 1989). وتلتزم الدولتان بإمكانية النفاذ وسهولة الاستخدام كمتطلبات قانونية وهو المجال الذي حققت قطر تقدماً ملحوظاً فيه مثل برامج قراءة الشاشة لمحتوى صفحات الويب لجميع النصوص والصور والنصوص البديلة ونصوص الفيديو لتوصيل الرسائل. ولا يتم استخدام توليد النص عبر الذكاء الاصطناعي لأنه غير دقيق بل يتم استخدام نص بشري (الجدول 1). ويتمشى ذلك مع قانون الإعاقة الأمريكي (ADA) (2022) الذي يحدد معايير إمكانية النفاذ لضمان الشمولية والنفاذ المتساوي

تمزج تجربة العملاء الهجينة في "حكومي" و "developer" بين التفاعل عبر الإنترنت والتفاعل البشري مما يؤثر على ولاء العملاء بشكل كبير. كما توجد هناك قنوات اتصال مختلفة بالعملاء مثل تطبيقات الهاتف المحمول وخطوط الهاتف على مدار الساعة طوال أيام الأسبوع وروبوتات الدردشة بالإضافة إلى الموظفين الذين يبقى دورهم هاماً لحل المشكلات لتعزيز جودة تجربة العملاء (Gill, 2023; hukoomi.gov.qa., 2024; developer.tech.gov.sg., 2024). وقد حققت كلتا المنصتين معدل رضا مرتفع كما هو واضح من ارتفاع الوقت الذي يتم قضاؤه في الصفحة ومعدلات النقر المرتبطة بالمشاركة الرقمية (الجدول 1) (Lighthouse Report Viewer, 2024). ويعتد رضا المستخدم أمراً بالغ الأهمية لتبني خدمات الحكومة الإلكترونية التي تؤثر على تجربة المستخدم في حين تؤثر الأعطال على هذه الحكومة سلباً (Seo et al., 2018) مما يتماشى مع تعريفات سهولة الاستخدام التي تشمل إمكانية النفاذ والتشغيل وسهولة الاستخدام ومنع الأخطاء من أجل تحقيق الفعالية ونيل الرضا (Sharabati et al., 2016; ISO 25023, 2015). وقد أدت عملية الرصد والمتابعة إلى تحسين انسجام وتوافق الخدمات التي تعتمد على البيانات مع احتياجات المستخدمين. كما يشير الأداء المتوسط والضعف من حيث سهولة الاستخدام إلى وجود معلومات غير حصرية وميزات غير مستخدمة أثناء التصفح (الجدول 1) (Van Staden et al., 2015)

ويعتمد توافر الخدمات الإلكترونية ونضجها في سنغافورة على التفاعل بين الجمهور والحكومة وتقديم الخدمات العامة من خلال منصات موحدة عبر الإنترنت "محطة واحدة" (developer.tech.gov.sg., 2024). إن (Singpass) هو تطبيق جوال يستخدمه المواطنون لأكثر من ألف خدمة حكومية بما في ذلك الخدمات الاجتماعية عبر الإنترنت ومعالجة المستندات والتعريف الشخصي (Singapore gov, 2021). كما تساعد منصة العطاءات المركزية (GeBiz Singapore) الشركات التي تقدم الخدمات العامة مما يعزز الكفاءة والراحة في هذا المجال (Curtin et al., 2003, p. 26). ويعزز التطبيقان تبادل المعرفة بين المؤسسات ويحسنان كفاءة العمليات بناءً على مراجعات الفائدة المتوقعة منهما (Curtin et al., 2003, p. 23). وقد قدمت قطر مجموعة متنوعة من الخدمات ولكن ليس كمنصة "محطة واحدة" (hukoomi.gov.qa., 2024) حيث يعيق استخدام إدارة تكنولوجيا المعلومات والاتصالات المجزأة التشغيل البيئي ويزيد من تعقيدات التكامل ويعيق تقديم الخدمة (Curtin et al., 2003, p. 26)

| التركيب السكانية والاهتمامات وفق حركة المرور على الموقع | معظم المستخدمين: ٣٥-٤٤ سنة، ذكور يتصفحون: التمويل < التخطيط المالي، الإدارة، جوجل، وسائل التواصل الاجتماعي، الحكومة | معظم المستخدمين: ٢٥-٣٤ سنة، ذكور يتصفحون: أجهزة الكمبيوتر والإلكترونيات والتكنولوجيا < البرمجة، برامج المطورين، جوجل، وسائل التواصل الاجتماعي، الحكومة |
|---|---|--|
| مواقع الويب الخاصة بالمنافسين                           | mol.gov.qa, moci.gov.qa, nas.gov.qa   | mycareersfuture.gov.sg, opencerts.io, smartnation.gov.sg   |
| أهم الكلمات الرئيسية                                    | تجديد البطاقة الصحية قطر  | لا توجد بيانات   |
| حركة المرور من المنصات الاجتماعية                       | معظمها من تطبيق ويب WhatsApp ثم "reddit"  | معظمها من "Linkedin" و "Meetup"  |
| روابط الويب إلى الويب                                   | لا توجد بيانات  | إلى ١٠ مواقع الاللكترونية، ٥٠٪ حكومة، تعليم، تكنولوجيا   |
| صحة حجم الصور   | غير صحيح - تنسيق فيديو وغير فعال لمحتوى الرسوم المتحركة   | صور مخفية  |
| أفضل الممارسات  | ٧٤٪   | ١٠٠٪   |
| الامتثال للمعايير                                       | ٤٥٪   | ٥٢٪  |

**الجدول 1** مقارنة تجربة المستخدم: المواقع الحكومية (قطر وسنغافورة) (ADA Site Compliance, 2022; hukoomi.gov.qa., 2024; developer.tech.gov.sg., 2024; Lighthouse Report Viewer, 2024; Similar Web, 2024; Participate | Sharek, 2024).

كلتا الحكومتين على بناء قدرات الموظفين العموميين والتعاون مع المؤسسات الأكاديمية (الجدول 1). كما تعطي الاستراتيجيات الوطنية الأولوية لمبادرات وسياسات الابتكار التي تدعم الشركات الناشئة وتعزز المهارات الرقمية (مؤشر نضج التكنولوجيا الحكومية، 2022). ومع ذلك تفتقر قطر إلى سياسة للمشاركة الإلكترونية بينما تستخدم سنغافورة آلية الاستجابة الحكومية (GRM) للحصول على تعليقات الجمهور على تقديم الخدمات وتعزيز الشفافية والاستجابة. وعلى الرغم من توفر التقارير في قطر إلا أن البيانات المتعلقة باستجابة الحكومة لتعليقات المواطنين وتحديثات الخدمة لا تزال غائبة مما يكشف عن تباين بين البلدين (مؤشر نضج التكنولوجيا الحكومية، 2022؛ مجموعة بيانات التكنولوجيا الحكومية | مصنع البيانات، 2023)

## 5.4 الدروس المستفادة من تجربة سنغافورة في مجال تجربة المستخدم

يستهدف تدريب تكنولوجيا المعلومات والاتصالات الفئات العمرية المتنوعة ومستويات مهارات الكمبيوتر المختلفة لتعزيز قابلية التوظيف ومحو الأمية الرقمية بدءاً من مهارات الإنترنت ووصولاً إلى تطوير التكنولوجيا (Curtin et al., 2003, p. 25). وقد أدت قدرات رأس المال البشري والاستراتيجية الواضحة والبنية الأساسية القوية لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات إلى مبادرات ناجحة للحكومة الإلكترونية والتكيف مع التغيير بهدف خدمة الجمهور من خلال الأتمتة والتنسيق ثم إحداث التغيير في المجالات الاجتماعية والتكنولوجية والتجارية (Curtin et al., 2003, p. 21). وينصح بتنفيذ خطة عمل تركز على مراجعة السياسات لدمج أنظمة الخدمات الإلكترونية التي تركز على العملاء وتحسين الاستجابة وتعزيز الابتكار من خلال التجريب لخلق قيم جديدة للحكومة والمواطنين (Curtin et al., 2003, p. 22). وهكذا فإن نضج الخدمة الرقمية يعتمد على القيادة القوية والرعاية والتركيز على المستخدم والحكومة من أجل التنمية المستدامة (Curtin et al., 2003, p. 26)

## 6. النقاش

تستند هذه الورقة إلى الإطار النظري القوي لنموذج النظرية الموحدة لتقبل واستخدام التكنولوجيا (UTAUT) مع التركيز على تقبل المستخدم لتكنولوجيا المعلومات وتأثير ذلك على رحلة التكنولوجيا. كما تشرح نوايا وسلوكيات المستخدمين فيما يتعلق باستخدام أنظمة المعلومات من وجهات نظر مختلفة بما في ذلك توقعات الأداء وتوقعات الجهد المطلوب والتأثير الاجتماعي والظروف التيسيرية بالإضافة إلى عوامل وسيطة مثل العمر والجنس والخبرة والطوعية (Venkatesh et al., 2003). وتتوافق نتائج الدراسة مع النظرية الموحدة لتقبل واستخدام التكنولوجيا حيث أثرت توقعات الأداء على تصورات المستخدمين تجاه فوائد منصات الحكومة الإلكترونية. كما أثرت توقعات الجهد المطلوب وسهولة استخدام منصات الحكومة الإلكترونية والمحتوى الواضح على تصورات المستخدم وبالتالي على زيادة التفاعل. وتؤكد نظريات انتشار الابتكار وتقبل التكنولوجيا على أن البساطة تعزز المواقف الإيجابية تجاه تكنولوجيا المعلومات في حين أن التعقيد يعيق تقبلها (Park et al., 2022). وقد توافقت نتائج تقييم قابلية الاستخدام على كلتا المنصتين مع عوامل نيلسن الاستدلالية (1994) التي تساعد في تقييم نقاط محددة وتنفيذها مما يؤدي إلى تحسينات ملموسة في تقييم المواقع الإلكترونية أو الخدمات عبر الإنترنت

تُعد وكالة "باحثو واجهة المستخدم" (USER) في سنغافورة وكالة تضم خبراء استشاريين يوجهون المنظمات الوطنية والعالمية لتحسين تجربة المستخدم بحيث تكون بسيطة ومريحة وقابلة للنفاذ. وتساهم المواقع الإلكترونية المصممة جيداً في تحسين أداء الموقع الإلكتروني عموماً مما يوفر مزايا تنافسية في جميع قطاعات الخدمات (Researchers, 2022). ويعد هذا التحسين مفيداً كما أنه يعزز الحوكمة الجيدة ويبني سمعة إيجابية. وتشارك التطبيقات المعلومات وتساعد في التواصل مع الخدمات الحكومية مثل الخدمات المصرفية والرعاية الصحية. وتحتل الخدمات المالية المرتبة الأعلى في تجربة العملاء مقارنة بالقطاعات الأخرى مع التركيز القوي على الأمان فهي تعطي الأولوية للتنفيذ السريع والبسيط والمركز على العملاء وتعزيز الولاء والمناصرة (ملخص تقرير التميز في تجربة العملاء في سنغافورة 2019). ومن جهتها فقد استثمرت قطر في مبادرات التكنولوجيا مثل الصحة الإلكترونية والتعلم الإلكتروني من خلال الاستثمارات المالية وإصلاحات الحكومة الإلكترونية المؤسسية (Faisal & Talib, 2015). ومع ذلك فقد واجهت هذه المبادرات تحديات أمام تبنيها وتقبلها (Al-Shafi & Weerakkody, 2008) مما يؤكد أهمية تحسين تجربة المستخدم من أجل التنفيذ الناجح لمبادرات كهذه

## 5.2 التأثير الاجتماعي ومشاركة المواطنين

استخدمت قطر منصة (Shark) إلى جانب الاستطلاعات والاستبيانات والمنتديات عبر الإنترنت بينما جمعت سنغافورة بيانات نوعية حول نقاط الضعف والتفضيلات (hukoomi.gov.qa., 2024). ويعكس تطوير الخدمات التي تركز على المواطنين تقدم الدول الرائدة في مجال التكنولوجيا الحكومية مما يتطلب الاهتمام بالمعايير الثقافية ومحو الأمية الرقمية للتغلب على حواجز النفاذ (مؤشر نضج التكنولوجيا الحكومية، 2022). وتعد المشاركة الإلكترونية والتغذية الراجعة الإلكترونية أموراً محورية لتقييم مشاركة المواطنين الرقمية وتوظيف المنصات الوطنية لإشراك المواطنين في صنع قرارات السياسات مع نشر ردود الحكومة. وتقوم الحكومات بجمع طلبات المستخدمين واقتراحاتهم مما يعزز التكنولوجيا المدنية "المواطنة" من خلال التكنولوجيا الحديثة مثل برامج الدردشة والمنتديات. ومع ذلك فإن مستويات الرضا تختلف بسبب التفاوتات الديموغرافية حيث تُظهر سنغافورة امتثال أكبر بالمعايير (الجدول 1)

## 5.3 الظروف التيسيرية

تعمل قطر وسنغافورة باعتبارهما دولتين من المجموعة (أ) على تعزيز نضج التكنولوجيا الحكومية من خلال مواءمة الوحدات مع مكتب رئيس الوزراء وتعزيز النهج الحكومية الشاملة والطول الفعّالة ومراقبة الامتثال للمعايير وتعزيز شفافية الحكومة من خلال نشر البيانات العامة ومناقشات السياسات (مؤشر نضج التكنولوجيا الحكومية، 2022). ويجب هنا إنشاء إطار فني شامل للسياسات لكل الوكالات الحكومية لتصميم وإدارة نظام تكنولوجيا المعلومات والاتصالات الموحد عبر الوكالات بهدف تعزيز الكفاءة وتشجيع إعادة استخدام المكونات المختلفة من مختلف القطاعات (Curtin et al., 2003, p. 26). وتستخدم الوكالات الحكومية منصات سحابية للوصول الآمن إلى الخدمات العامة لكنها تفتقر إلى التصميم الذي يركز على المستخدم. إن النفاذ للخدمات عبر الهاتف المحمول آخذ في التوسع بشكل كبير مما يعزز الطلب على المنصات المتكاملة عبر الإنترنت لتقديم خدمات مبسطة (مؤشر نضج التكنولوجيا الحكومية، 2022). وهناك عوامل تترك أثراً سلبياً في هذا المجال مثل بطء المؤسسة بسبب قضايا تخصيص الموارد والتنسيق وإدارة البيانات (مؤشر نضج التكنولوجيا الحكومية، 2022). وتعمل

وقد لوحظ عدم وجود إصدار باللغة العربية في قطر لإرشادات تجربة المستخدم. وتوجد هناك مشكلة أخرى وهي غياب المنتديات الحكومية التي يمكن أن تسهل وتنشر استجابة الحكومة للمواطنين مما يجعل كيفية إجراء التحديثات بناءً على ملاحظات المواطنين غير واضحة. وتعتبر مسائل فهم الجمهور وضمان البساطة في التصميم وتلبية توقعات المستخدمين أموراً بالغة الأهمية. كما يساعد الفريق ذو اللغات المتعددة أو الاستشارات الثقافية في سد الفجوات اللغوية وفهم التوقعات المتنوعة للمستخدمين (UX Design, 2024)

تعزز إجراءات تبني تكنولوجيا المعلومات والاتصالات وتحسين قابلية الاستخدام وتمكين مشاركة المواطنين عبر القنوات الرقمية لشفافية من مستوى رضا المستخدم وصنع السياسات الشاملة من خلال معالجة طلبات المستخدمين بشكل محايد (Bertot et al., 2012). كما يؤسس تعزيز قابلية استخدام خدمات الحكومة الإلكترونية لتجربة مستخدم إيجابية ويؤكد على نتائج الأبحاث السابقة (Shareef et al., 2011). وتحظى مشاركة المواطنين من خلال المنصات عبر الإنترنت بتقدير كبير إضافة إلى أن إدخال وسائل التواصل الاجتماعي في هذه المنصات يسهل الحصول على ردود الفعل العامة حول قضايا السياسات (Bertot et al., 2012; Kumar et al., 2017). ويضمن الاتصال القوي بالإنترنت في كلا البلدين النفاذ إلى معلومات حكومية محدثة إضافة إلى أن تعزيز مستوى ملائمة الخدمة يحسن من مواقف المواطنين تجاه التكنولوجيا (Bhattacharjee, 2001). وقد تم تحسين دقة الموقع الإلكتروني في الجانب السنغافوري وهو أمر بالغ الأهمية لإشراك المواطنين (Cullen & Houghton, 2000). كما لوحظ أن المواطنون يعطون الأولوية لخدمات الحكومة الإلكترونية بدلاً من الطرق التقليدية بسبب عوامل السهولة والسرعة والراحة مما يؤدي إلى تغييرات سلوكية وتوفير الوقت (Gilbert et al., 2004; Curran, 2005). وبالتالي فإن عوامل مثل الاتصال الموثوق به والمعلومات الدقيقة وتصميم الخدمة التي تركز على المستخدم تعزز مواقف المواطنين الإيجابية وتقبلهم لمنصات الحكومة الإلكترونية. وفي حين تتميز الخدمات الحكومية باستخدام التكنولوجيا والبيانات إلا أن التحديات المجتمعية مثل خصوصية البيانات لا تزال قائمة. وقد عززت القمة العالمية للويب من مستوى الوعي وتناولت رقمنة تجربة العملاء في الوكالات الحكومية العالمية وأشركت أصحاب المصلحة وقدمت حلولاً مخصصة لكل من الكيانات الخاصة والعامة (Governmentcxsummit.Com, n.d). ولكن تحقيق نضج الحكومة الإلكترونية يستلزم الاستثمار في عوامل تمكين الحكومة الإلكترونية وتوليد الدخل (GovTech Maturity Index, 2022)

ورغم وجود بعض القيود على بحثنا هذا مثل عدم القدرة على استخدام منصة إحصاءات جوجل (Google Analytics) والتحديات في مجال إقامة علاقات سببية بين المتغيرات، إلا أنه البحث قد ركز في المقام الأول على سلوكيات المستخدم متجاهلاً العوامل المؤثرة مثل الاختلافات الثقافية والاجتماعية. حيث تعد معالجة قيود المستخدم والنظام أمر ضروري لمصممي الأنظمة وليس فقط معالجة الأخطاء البشرية على كلا الجانبين (What Is Usability Evaluation?, 2023)

إن هناك عوامل اجتماعية تؤثر في هذا المجال بدرجات متفاوتة مثل مشاركة الأفراد ومواقف المستخدمين وسلوكياتهم التي أثرت على استخدام خدمات الحكومة الإلكترونية. وقد كانت الظروف التيسيرية تشكل عوامل دعم أو عقبات من البيئة الخارجية مثل المهارات الرقمية للأفراد وتوفر الإنترنت عريض النطاق والدعم الفني وهي ظروف وجدت في كلا البلدين كميادرات تؤثر على تقبل المستخدمين لمنصات الحكومة الرقمية. وقد تؤثر المتغيرات المضبوطة والعوامل الديموغرافية مثل العمر والجنس على سلوكيات المستخدمين تجاه استخدام الخدمات الإلكترونية. ووجدت الدراسة أن معظم الزوار كانوا من الذكور الذين تتراوح أعمارهم بين 30 و45 و25 و34 عامًا في قطر وسنغافورة على التوالي مما قد يؤثر على الفائدة المتوقعة من قبلهم والنوايا السلوكية لديهم.

وتُظهر نتائج الدراسة أن كلا البلدين يعطيان الأولوية لرضا المواطنين وتسهيل مستوى المعاملات ومبادرات المشاركة الإلكترونية (مؤشر نضج التكنولوجيا الحكومية، 2022). وتستفيد سنغافورة من المشاركة الإلكترونية القوية لتحسين الخدمات الإلكترونية التي تركز على المستخدم بناءً على التغذية الراجعة. وتتفوق منصة "Developer" من حيث أفضل الممارسات والتركيز على المستخدم. بينما تركز بوابة "حكومي" على إمكانية النفاذ رغم وجود بيانات مجزأة. وتقدم سنغافورة منتجاً شاملاً في محطة واحدة وبيانات عالية الجودة ومنشورات وآليات مشاركة قوية. وتدعم هذه الملاحظة فرضيتنا التي اقترحت أن انخفاض مستوى تجربة المستخدم يؤثر على تقبل التكنولوجيا بين المواطنين في قطر مقارنة بسنغافورة

يساهم بحثنا نظرياً في فهم تقبل المستخدم للتكنولوجيا في منصات الحكومة الإلكترونية. ومن خلال تحليل نموذج النظرية الموحدة لتقبل واستخدام التكنولوجيا فقد تبين أن الأداء وتوقعات الجهد المطلوب هي عوامل رئيسية تشكل المواقف وسلوكيات الاستخدام. بينما أظهرت العوامل الديموغرافية مثل العمر والجنس تأثيراً معتدلاً أقل أهمية. وتؤكد دراستنا على أهمية دور تصميم تجربة المستخدم لأن فهم سياقات المستخدم يعزز من مستوى الرضا والولاء إضافة إلى سلوكيات الاستخدام الإيجابية والتقبل مما يزيد في النهاية من قيمة منصات الحكومة الإلكترونية. ونحن نقوم بتوسيع الأسس النظرية لنموذج النظرية الموحدة لتقبل واستخدام التكنولوجيا من خلال توضيح تفاعلات المستخدم مما يوفر رؤى واضحة حول دوافع تقبل التكنولوجيا في مجال الحكومة الإلكترونية والتحول الرقمي

إن لنتائج هذا البحث آثار عملية على صناع السياسات والمصممين والممارسين في الحكومة الإلكترونية. حيث تقوم معالجة نقاط الضعف بالحفاظ على المستخدمين في حين تعمل المنتجات الناجحة على التحسين وليس إعادة الاختراع. كما يجب إعطاء الأولوية لاستراتيجيات التصميم التي تركز على المستخدم وإشراك المستخدم عند تطوير منصات الحكومة الإلكترونية لزيادة مستوى تقبله للتكنولوجيا من خلال تحسين الحلول الحالية. ويُفضل هنا تبني منهجية (Agile) لقدرتها على التكيف وتعزيز رضا العملاء بشكل متكرر. وبالتالي فإن التحسينات التكرارية في تجربة المستخدم تعزز التنوع وتضمن للجميع تفاعلاً فريداً ومرصياً لتحقيق الشمول عبر المستخدمين المتنوعين مع التوقعات والخبرات والقدرات المتنوعة. كما يمكن لتوفير قنوات التغذية الراجعة المستمرة أن يعزز سهولة الاستخدام المتوقعة والفائدة ومشاركة المستخدم ككل

تساهم الرؤى المستنبطة في قدرة صناع القرار على وضع سياسات تستند إلى تحليلات أساسية لنقاط الضعف في مجال استخدام خدمات الحكومة الإلكترونية ما يؤدي إلى تطوير واجهات سهلة الاستخدام (What Is Usability Evaluation?, 2023). الأمر الذي يساعد على تحقيق إمكانية النفاذ للمستخدمين من ذوي الإعاقة من خلال ميزات معينة مثل إجراء اختبارات المستخدم من قبل طيف متنوع من الأفراد. ومن الممكن أن يتم التغاضي عن ذلك حيث تضمن عملية التحسين المبنية على ملاحظات هؤلاء المستخدمين تصميمًا أكثر شمولاً (UX Design, 2024).



توصي هذه الدراسة كلا البلدين بإنشاء قنوات متعددة للمشاركة الإلكترونية لمعالجة المشكلات التي يواجهها المستخدمون أثناء رحلتهم على منصات الحكومة الإلكترونية ولتحقيق استجابة الحكومة للاحتياجات والتغيرات المتطورة للمواطنين مع التركيز على إمكانية النفاذ وسهولة الاستخدام للخدمات الإلكترونية. وتتطلب بوابات الخدمات الإلكترونية تحسين سياسات التحول الرقمي بالاعتماد على وجهة نظر الأفراد والشركات لتحسين سهولة الاستخدام وإمكانية النفاذ للأشخاص ذوي الإعاقة من حيث تسليط الضوء على مشكلات التصفح والتخطيط للتجارب طويلة الأجل وبناء مهارات المواطنين ثم تقييم رأس المال البشري الذي يقيم القدرة على استخدام الخدمات الإلكترونية (E-GDI, 2012). ويمكن أن يتم التعاون هنا بين مركز مدى في قطر وهيئة تطوير وسائل الإعلام والاتصالات في سنغافورة (IMAD) وجمعية الأشخاص ذوي الإعاقة (DPA) بدعم من صناعات السياسات (Yazid, 2024). كما أن هناك حاجة إلى التعاون بين المؤسسات الأكاديمية والهيئات الحكومية ورواد الأعمال والشركات الرقمية لتعزيز تجربة المستخدم وفرض الالتزام بالمعايير الفنية الموحدة (Enhancing User-Friendliness, 2023). ويجب استخدام الذكاء الاصطناعي لتقييم قابلية الاستخدام ولاكتشاف الفرص والاتجاهات مع الحاجة إلى الجهد البشري للتقليل من تحيز الذكاء الاصطناعي (What Is Usability Evaluation?, 2023)

تركز أبحاث إدارة علاقات العملاء المستقبلية على فهم سلوك المستخدم وتطوير حلول مخصصة لتلبية احتياجاته بشكل فعال (Curtin et al., 2003, p. 29). وقد يعزز الاستثمار في الخدمات الإلكترونية الآمنة من درجة المرونة. كما قد تعزز معالجة الفجوة الرقمية وتأثيرها على الثقة بين القطاعين العام والحكومي بالإضافة إلى المساءلة والشفافية من نضج مبادرات الحكومة الإلكترونية. وقد تشجع الثقافة الرقمية على تغيير العقلية داخل المجتمع نحو تقبل التكنولوجيا. ويمكن للتفاعل بين البلدين أن يخلق فرصاً أفضل لتحسين استخدام خدمات الحكومة الإلكترونية ومشاركة أفضل الممارسات. وفي النهاية فإنه يمكن لقطر أن تتعلم من أفضل ممارسات سنغافورة حول كيفية تحسين المنصات وتحسين تجربة المستخدم من خلال الالتزام بمعايير الامتثال. كما يمكن لسنغافورة دمج تحسينات إمكانية النفاذ بناءً على تجارب قطر في هذا المجال. ويمكن لكلا البلدين من خلال تعزيز بيئة تعاونية بينهما الاستفادة من المعرفة والخبرات المشتركة مما يدفع إلى تقدم خدمات الحكومة الإلكترونية التي تركز على المستخدم. وبالإضافة إلى ذلك فإنه يمكن لهذا المجال دراسة السياسات العامة والمبادئ التوجيهية المتعلقة بتجربة المستخدم للخدمات عبر الإنترنت أو استكشاف تأثير العوامل الثقافية والاجتماعية على دوافع المستخدم في هذه البلدان حيث سلت (Baazeem 2019) الضوء على حقيقة أن خلفية المستخدم تؤثر على اختيارات التكنولوجيا. وهكذا فإن من شأن توظيف مشاركة المستخدم والعوامل السياقية أن يعزز فهم تقبل التكنولوجيا وتبني خدمات الحكومة الإلكترونية

### شكر وتقدير.

أود أن أشكر قسم الإدارة العامة في معهد الدوحة للدراسات العليا على دعمه القيم. وأوجه شكرياً خاصاً للدكتور موسى عناية على إرشاداته وبصيرته. لقد كان هذا العمل بمثابة حجر الأساس في مشروع التخرج.

يمكن للدراسات المستقبلية استكشاف ديناميكيات تقبل التكنولوجيا في مجال خدمات الحكومة الإلكترونية من خلال البيانات التجريبية وخاصة في قطاعات مثل التعليم أو الرعاية الصحية. كما يمكن أن يؤدي استخدام "اختبار الشجرة" وتقييمات قابلية الاستخدام إلى قياس فعالية أنظمة الإرشاد المكاني وتحديد المسارات في حين قد ترصد المقاييس الكمية شكاوى المستخدمين وقد تكشف البيانات النوعية عن المشاعر والانطباعات الأولية لديهم. وقد يحد الحاجة الجغرافي لدراستنا من إمكانية تعميم النتائج مما يحث الأبحاث اللاحقة على توسيع نطاق المنصات والسياقات المؤسسية المتنوعة وبالتالي إثراء فهمنا لتقبل التكنولوجيا في مجال التحول الرقمي لخدمات الحكومة الإلكترونية

## 7. الخاتمة

لقد هدفت هذه الدراسة التي تستخدم النموذج الموسع للنظرية الموحدة لتقبل واستخدام التكنولوجيا (UTAUT) إلى تقييم تأثير تجربة المستخدم على تقبل المستخدم للتكنولوجيا ونضج التكنولوجيا الرقمية في منصات الحكومة الإلكترونية لفهم العقبات التي تجعل قطر تتأخر عن سنغافورة في هذا المجال. وتشير النتائج إلى أن مستوى الأداء وتوقعات الجهد قد جاءت متشابهة لكلا المنصتين وهي العوامل التي تشكل سلوك المستخدم تجاه استخدام التكنولوجيا. كما تلعب الظروف التيسيرية مثل النطاق العريض للإنترنت والدعم الفني دوراً هاماً في مبادرات التكنولوجيا الرقمية. وقد لا يبدو دور التأثير الاجتماعي هاماً ولكننا لاحظنا أن معظم المستخدمين كانوا من الذكور. إن قطر تتفوق في مجال إمكانية النفاذ إضافة إلى استثمارها في مجالات خدمات الصحة الإلكترونية والتعليم الإلكتروني ولكنها تعاني من وجود تحديات في مجال تبني التكنولوجيا والبيانات المجزأة وتوافر الخدمات الإلكترونية الشاملة. وفي الوقت نفسه فإن سنغافورة تتبع أفضل الممارسات من خلال منصتها "الشاملة ذات المحطة الواحدة" وتكامل البيانات والخدمات المالية الإلكترونية التي أدت إلى تجربة عملاء متميزة

لقد واجهت هذه الدراسة العديد من القيود نذكر منها في المقام الأول عدم توفر الكثير من البيانات المتعلقة بقطر للجمهور إضافة إلى وجود تناقضات في المعلومات المتاحة مما أدى إلى الغموض فيما يتعلق بالدقة. لذا فإن قطر تحتاج إلى منصات مركزية توفر بيانات متسقة ومحدثة من خلال التعاون بين الوكالات وضمان حوكمة البيانات القوية والاستثمار في ثقافة تعتمد على البيانات (GovTech Maturity Index, 2022). لقد قامت سنغافورة بتطوير التقارير الموحدة وتبني أفضل الممارسات، وقد يساعد تطوير واجهات برمجة التطبيقات وإنشاء مركز أبحاث حول التحديات التي تركز على المستخدم في تعزيز الحلول الفعالة والناجعة لمتابعة تجربة سنغافورة. كما فرضت علينا قيود الوقت تحديات في مجال إجراء المقابلات والمسوحات وخاصة للتطبيقات المستخدمة في سنغافورة. وبالتالي فقد اعتمد التليل فقط على الأساليب الآلية لفحص تجربة المستخدم على المواقع الرئيسية لكلا البلدين. ونتيجة لذلك فإن إطار عمل النظرية الموحدة لتقبل واستخدام التكنولوجيا (UTAUT) يتطلب جمع المزيد من البيانات لتقديم رؤى شاملة حول هذه المسألة. وبالإضافة إلى الافتقار إلى تصورات المستخدم الحقيقية من كل بلد فإننا لم نتناول العوامل الاجتماعية والثقافية والديموقراطية لقياس تأثيرها المباشر



27. Devos, G., M. Buelens and D. Bouckennooghe (2007). "Contribution of content, context, and process to understanding openness to organizational change: Two experimental simulation studies." *The Journal of social psychology* 147(6): 607-630.
28. Digital adoption index. (2016). [Text/HTML]. World Bank. Retrieved February 8, 2024, from <https://www.worldbank.org/en/publication/wdr2016/Digital-Adoption-Index>
29. Digital Government Blueprint. (2020). Retrieved September 16, 2023, from <https://www.tech.gov.sg/digital-government-blueprint/>
30. Digital Incubation Center (2023). #Design-Thinking. [Post]. LinkedIn. Retrieved January 25th, 2024, from <https://shorturl.at/ruwQR>
31. Digital transformation based on ICT innovations for the development of the digital economy. (2021). ITU. Retrieved January 16, 2024, from <https://rb.gy/scenkq>
32. Drive Digital Transformation. (2024). NICE. <https://www.nice.com/solutions/drive-digital-transformation>
33. Dumas, J. S., & Loring, B. A. (2008). Moderating usability tests: Principles and practices for interacting. Elsevier. <https://shorturl.at/cjovX>
34. Ease of doing business: World Bank Open Data: 2020.
35. E-Commerce Guidelines User Experience. (2019). Ministry of Transportation and Communications (MOTC) State of Qatar. <https://ecommerce.gov.qa/wp-content/uploads/2019/07/3.-eCommerce-Guidelines-User-Experience.pdf>
36. E-Government Readiness Survey Database: 2018. %7BUNDESA - United Nations Department of Economic and Social Affairs, 2016 #778%7D. Accessed: 2018-11-16.
37. Enhancing user-friendliness and policies to promote e-government services. (2023). UNDP. Retrieved February 3, 2024, from <https://www.undp.org/vietnam/press-releases/enhancing-user-friendliness-and-policies-promote-e-government-services>
18. Cullen, R., & Houghton, C. (2000). Democracy online: an assessment of New Zealand government web sites. *Government Information Quarterly*. [https://doi.org/10.1016/S0740-624X\(00\)00033-2](https://doi.org/10.1016/S0740-624X(00)00033-2)
19. Curran, J. M., & Meuter, M. L. (2005). Self-service technology adoption: comparing three technologies. *Journal of services marketing*, 19(2), 103-113.
20. Curtin, G. G., Sommer, M. H., & Vis-Sommer, V. (2003). The world of e-government. *Journal of Political Marketing*, 2(3-4), 1-16. [https://doi.org/10.1300/J199v02n03\\_01](https://doi.org/10.1300/J199v02n03_01)
21. Customer Experience Excellence Report Singapore Summary. (2019). KPMG. <https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/sg/pdf/2019/12/2019-customer-experience-report-summary.pdf>
22. Davis, F. D. (1985). A technology acceptance model for empirically testing new end-user information systems: Theory and results (Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology).
23. Davis, F. D., Bagozzi, R. P., & Warshaw, P. R. (1989). User acceptance of computer technology: A comparison of two theoretical models. *Management science*, 35(8), 982-1003.
24. Deist, M., Reuschl, A. J., & Barwinski, R. (2022). Digital mess up- why digital organization initiatives fail. *Academy of Management Proceedings*, 2022(1), 16646. <https://doi.org/10.5465/AMBPP.2022.16646abstract>
25. DesignPeers (2023). دليلك للوصول إلى #Us-erExperience. [Post]. LinkedIn. Retrieved December 13th, 2021, from <https://www.linkedin.com/feed/update/urn:li:activity:7039599876132810752/>
26. Developer Traffic Analytics. (2024). Semrush. <https://rb.gy/fo2fag> developer.tech.gov.sg. (2024). Similarweb. Retrieved February 28, 2024, from <https://www.similarweb.com/website/developer.tech.gov.sg/competitors/>

9. Archmann, S., & Castillo Iglesias, J. (2010). Egovernment: A driving force for innovation and efficiency in public administration. *EIPAScope*, 2010(1), 29-36. <http://aei.pitt.edu/14694/>
10. Baazeem, R. M. (2019). The role of religiosity in technology acceptance: The case of privacy in Saudi Arabia. In *Censorship, Surveillance, and Privacy: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications* (pp. 1787-1808). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-7113-1.ch089>
11. Bauer, R., Koedijk, K., & Otten, R. (2005). International evidence on ethical mutual fund performance and investment style. *Journal of Banking and Finance*. <https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2004.06.035>
12. Bertot, J. C., Jaeger, P. T., & Grimes, J. M. (2012). Promoting transparency and accountability through ICTs, social media, and collaborative e-government. *Transforming Government: People, Process and Policy*. <https://doi.org/10.1108/17506161211214831>
13. Bhattacherjee, A. (2001). Understanding information systems continuance: An expectation-confirmation model. *MIS quarterly*, 351-370.
14. Cahlikova, T. (2017). The uptake of e-Democracy and e-Participation in the Swiss Federal administration. 2017 Fourth International Conference on eDemocracy & eGovernment (ICEDEG), 182-188. <https://doi.org/10.1109/ICEDEG.2017.7962531>
15. Chatzidakis, F. (2022). Usability evaluation methods, an overview - Bootcamp. Medium. <https://bootcamp.uxdesign.cc/usability-evaluation-methods-an-overview-4574c1d50020>
16. Chung, W., & Paynter, J. (2002). Privacy issues on the Internet. *Proceedings of the 35th Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, 9 pp.-. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2002.994191>
17. Citizen Customer Experience Software for Government Organizations. (2024). NICE. <https://www.nice.com/solutions/government>
- المراجع
1. Abdullah, F., Ward, R., & Ahmed, E. (2016). Investigating the influence of the most commonly used external variables of TAM on students' Perceived Ease of Use (PEOU) and Perceived Usefulness (PU) of e-portfolios. *Computers in Human Behavior*. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.05.014>
2. About The ConnectAI - AI Singapore Community. (2022). <https://connect.aisingapore.org/home/about/>
3. Abu-Shanab, E. A. (2011). Education level as a technology adoption moderator. 2011 3rd International Conference on Computer Research and Development, 1, 324-328. <https://doi.org/10.1109/IC-CRD.2011.5764029>
4. Accessibility ADApterTM Information - ADA Site Compliance. (2021). ADA Site Compliance. <https://adasitecompliance.com/accessibility-adapter-info/>
5. Agritika, D. F., Hartoyo, H., & Suharjo, B. (2024). The Effect of E-Service Quality Through Customer Satisfaction and Customer Trust on Customer Loyalty of Klikindomaret Users. *Indonesian Journal of Business and Entrepreneurship*. <https://doi.org/10.17358/ijbe.10.1.203>
6. Aldemir, C., & en, E. (2021). A model proposal for local governments to increase citizen involvement in the age of information society and e-government: Crowdsourcing. In C. Babaolu, E. Akman, & O. Kulaç (Eds.), *Advances in Public Policy and Administration* (pp. 172-190). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-4978-0.ch010>
7. Altameem, T., Zairi, M., & Alshawi, S. (2006). Critical success factors of e-government: A proposed model for e-government implementation. 2006 Innovations in Information Technology, 1-5. <https://doi.org/10.1109/INNOVATIONS.2006.301974>
8. AlTurky, K; Elayah, M; AlMawri, A; Al-Zendani. (2021). The Role of E-Governance in Promoting Transparency for Qatar's Private Sector. <http://dspace.univ-ouargla.dz/jspui/handle/123456789/27144>

64. Lighthouse Report Viewer. (2024). <https://shorturl.at/iqsty>
65. Lighthouse Report Viewer. (2024). <https://shorturl.at/sDRU7>
66. Madsen, C. Ø., & Kræmmergaard, P. (2016). How to succeed with multichannel management: A case study of cross-organizational collaboration surrounding a mandatory self-service application for danish single parents. *International Journal of Public Administration in the Digital Age (IJPADA)*, 3(4), 94–110. <https://doi.org/10.4018/IJPADA.2016100107>
67. Marzooqi, S. A., Nuaimi, E. A., & Qirim, N. A. (2017). E-governance (G2c) in the public sector: Citizens acceptance to E-government systems - Dubai's case. *Proceedings of the Second International Conference on Internet of Things, Data and Cloud Computing*, 1–11. <https://doi.org/10.1145/3018896.3025160>
68. Matt, C., Hess, T., & Benlian, A. (2015). Digital transformation strategies. *Business & Information Systems Engineering*, 57(5), 339–343. <https://doi.org/10.1007/s12599-015-0401-5>
69. Mitigation Suite - ADA Site Compliance. (2022). ADA Site Compliance. <https://ada-sitecompliance.com/mitigation-suite/#wp-cf7-f20605-p16214-o1>
70. Möller, S. (2023). *Motivation and Objectives, Quality and Usability*. Springer eBooks. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-65615-0\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-662-65615-0_1)
71. National AI Strategy Summary. (n.d.). Retrieved September 18, 2023 <https://www.smartnation.gov.sg/files/publications/national-ai-strategy-summary.pdf>
72. National Profile of the Information Society in Qatar. (2007). ESCWA. Retrieved October 4, 2023, from <https://www.unescwa.org/sites/default/files/inline-files/Qatar-07-E.pdf>
73. Nielsen, J. (1994). Heuristic Evaluations. In: J. Nielsen & R.L. Mack. (Eds), *Usability Inspection Methods*. New York: John Wiley & Sons.
74. Human-Computer Interaction. Guide Books, <https://doi.org/10.5555/561701>. Accessed 17 Jan. 2024.
75. Integrated Government Program (i-Gov) | Ministry of Communications and Information Technology. (2021). Retrieved October 3, 2023, from <https://www.mcit.gov.qa/en/qatar-digital-government/i-gov>
76. International Organisation for Standardisation (ISO). (2016b). *Systems and software engineering - Systems and software quality requirements and evaluation (SQuaRE) - Measurement of system and software product quality (ISO Standard No. 25023:2016)*.
77. J. Akomode, A. Taleb-Bendiab, A. Evangelidis and M. Taylor, "UML Approach to Risk Assessment Modelling for eGovernment", *Proceedings of the Second European Conference on e-Government ECEG'2002*, 2002.
78. Jeon, S. H., Kim, Y., & Koh, J. (2011). Individual, social, and organizational contexts for active knowledge sharing in communities of practice. *Expert Systems With Applications*. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.04.023>
79. Kumar, R., Sachan, A., & Mukherjee, A. (2017). Qualitative approach to determine user experience of e-government services. *Computers in Human Behavior*, 71, 299–306. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.02.023>
80. Layne, K., & Lee, J. (2001). Developing fully functional E-government: A four stage model. *Government Information Quarterly*, 18(2), 122–136. [https://doi.org/10.1016/S0740-624X\(01\)00066-1](https://doi.org/10.1016/S0740-624X(01)00066-1)
81. Lee, G., & Lin, H. (2005). Customer perceptions of e-service quality in online shopping. *International Journal of Retail & Distribution Management*. <https://doi.org/10.1108/09590550510581485>
82. Li, G., & Zhao, X. (2003). Properties of concrete incorporating fly ash and ground granulated blast-furnace slag. *Cement and Concrete Composites*. [https://doi.org/10.1016/s0958-9465\(02\)00058-6](https://doi.org/10.1016/s0958-9465(02)00058-6)

83. Govtech dataset | data catalog. (2023). Retrieved February 17, 2024, from <https://datacatalog.worldbank.org/search/dataset/0037889/about:blank>
84. GovTech Maturity Index . (2022, December). worldbank.org. Retrieved February 14, 2024, from <https://openknowledge.worldbank.org/server/api/core/bitstreams/5e157ee3-e97a-5e42-bfc0-f1416f3de4de/content>
85. Gtmi. (2022). World Bank. Retrieved February 13, 2024, from <https://www.worldbank.org/en/programs/govtech/gtmi>
86. Guide User experience of government digital solutions and products v.1.0. (November 20, 2023). Ministry of Transport, Communications and Information Technology (Sultanate of Oman). <https://oman.om/docs/default-source/default-document-library/uiuxar.pdf>
87. Hassenzahl, Marc, and Noam Tractinsky. "User Experience - a Research Agenda." *Behaviour & Information Technology*, vol. 25, no. 2, Mar. 2006, pp. 91–97. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1080/01449290500330331>.
88. Hess, T., Matt, C., Benlian, A., & Wiesboeck, F. (2016). Options for formulating a digital transformation strategy. *MIS QUARTERLY EXECUTIVE*, 15(2), 123–139. <https://eres.qnl.qa/login?url=https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edswws&AN=000377109100003&site=eds-live&scope=site>
89. HOME Doha Qatar – governmentcxsummit.com. (n.d.). Retrieved January 21, 2024, from <https://governmentcxsummit.com/home-doha-qatar/>
90. Hukoomi Traffic Analytics. (2024). Semrush. <https://www.semrush.com/analytics/overview/?q=https%3A%2F%2Fwww.developer.tech.gov.sg%2F&protocol=https&searchType=domain+hukoomi.gov.qa.> (2003). Similarweb. Retrieved February 28, 2024, from <https://www.similarweb.com/website/hukoomi.gov.qa/#overview>
91. Erh, J. (2023). Singapore's Digital Transformation Journey. *Journal of Southeast Asian Economies*, 40(1), 4–31. <https://doi.org/10.1355/ae40-1b>
92. Escobar, F., Almeida, W. H. C., & Varajão, J. (2023). Digital transformation success in the public sector: A systematic literature review of cases, processes, and success factors. *Information Polity*, 28(1), 61–81. <https://doi.org/10.3233/IP-211518>
93. Fang, Z. (2002). E-government in digital era: concept, practice, and development. *International journal of the Computer, the Internet and management*, 10(2), 1-22.
94. Gartner | stock price, company overview & news. (n.d.). Forbes. Retrieved January 18, 2024, from <https://www.forbes.com/companies/gartner/>
95. Gilbert, D., Balestrini, P. P., & Littleboy, D. (2004). Barriers and benefits in the adoption of e-government. *International Journal of Public Sector Management*. <https://doi.org/10.1108/09513550410539794>
96. Gill, M. (2023). Highlights from the uk banking cx index rankings, 2023—How do uk banking brands earn loyalty? Forrester. <https://www.forrester.com/blogs/highlights-from-uk-banking-cx-index-2023-how-do-uk-banking-brands-earn-loyalty/>
97. Gottschalk, P. (2009). Maturity levels for interoperability in digital government. *Government Information Quarterly*. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2008.03.003>
98. Government of Qatar selects Sprinklr to deliver unified digital citizen experience. (2023, March 22). *Bizness Transform*. <https://www.biznesstransform.com/government-of-qatar-selects-sprinklr-to-deliver-unified-digital-citizen-experience/>
99. Government Websites and e-Services Framework (version 2.0). (2016). Ministry of Transportation and Communications (MOTC) State of Qatar. [https://www.mcit.gov.qa/sites/default/files/government\\_website\\_and\\_e-services\\_framework\\_version\\_2.0.p](https://www.mcit.gov.qa/sites/default/files/government_website_and_e-services_framework_version_2.0.p)

100. Svärd, P. (2017). 1—E-Government development and its impact on information management. In P. Svärd (Ed.), *Enterprise Content Management, Records Management and Information Culture Amidst e-Government Development* (pp. 1–11). Chandos Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100874-4.00001-6>
101. TASMU Experience Policy. (2020). TASMU. Ministry of Information and Communications. <https://tasmu.gov.qa/themes/custom/tasmu/assets/pdfs/TASMU-Experience-Policy-EN.pdf>
102. Tawtheeq Qatar National Authentication System (Guide 2023). (2021). Tawtheeq Qatar National Authentication System (Guide 2023). <https://www.dohaguides.com/tawtheeq-qatar-guide/>
103. Tchao, E. T., Keelson, E., Aggor, C., & Amankwa, G. A. M. (2017). E-government services in ghana—Current state and future perspective. 2017 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence (CSCI), 624–631. <https://doi.org/10.1109/CSCI.2017.108>
104. Technology acceptance model. (2024). Wikipedia. [https://en.wikipedia.org/wiki/Technology\\_acceptance\\_model](https://en.wikipedia.org/wiki/Technology_acceptance_model)
105. Telecommunication Development Conferences. (2006). ITU. Retrieved October 7, 2023, from <https://www.itu.int:443/en/history/Pages/TelecommunicationDevelopment-Conferences.aspx?conf=4.160>
106. The crUX of the matter—A pleasant user experience. (2018). <https://www.tech.gov.sg/media/technews/the-crUX-of-the-matter-a-pleasant-user-experience>
107. The govtech global partnership. (2022). [Text/HTML]. World Bank. Retrieved February 14, 2024, from <https://www.worldbank.org/en/programs/govtech/partners>
108. Töytäri, P., Turunen, T., Klein, M., Eloranta, V., Biehl, S., Rajala, R., & Hakanen, E. (2017). Overcoming institutional and capability barriers to smart services. Hawaii International Conference on System Sciences 2017 (HICSS-50). [https://aisel.aisnet.org/hicss-50/da/service\\_science/6](https://aisel.aisnet.org/hicss-50/da/service_science/6)
92. Rowley, J. (2004). Online branding. *Online Information Review*. <https://doi.org/10.1108/14684520410531637>
93. Rowley, J. (2006). An analysis of the e-service literature: towards a research agenda. *Internet Research*. <https://doi.org/10.1108/10662240610673736>
94. Sangolt, M. S., & Keitsch, M. (2016). Service design in digitization of governmental service. DS 85-1: Proceedings of NordDesign 2016, Volume 1, Trondheim, Norway, 10th - 12th August 2016, 012–021. <https://www.designsociety.org/publication/39279/Service+Design+in+Digitization+of+Governmental+Service>
95. Seo, D. B., Tan, C. W., & Warman, G. (2018). Vendor satisfaction of e-government procurement systems in developing countries: An empirical research in Indonesia. *Information Technology for Development*, 24(3), 554–581. <https://doi.org/10.1080/02681102.2018.1454878>
96. Sharabati, M. M. N., Sulaiman, A., & Mohd Salleh, N. A. (2015). End user satisfaction and individual performance assessments in e-procurement systems. *International Journal of Computer Theory and Engineering*, 7(6), 503–509. <https://doi.org/10.7763/ijcte.2015.v7.1010>
97. Shareef, M. A., Kumar, V., Kumar, U., & Dwivedi, Y. K. (2011). e-Government Adoption Model (GAM): Differing service maturity levels. *Government Information Quarterly*. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2010.05.006>
98. Singapore gov't handpicks user for agile ux and development. (2021). USER Experience Researchers - UX UI Design & Research Company in Singapore. <https://www.user.com.sg/singapore-govt-handpicks-user-for-agile-ux-and-development/>
99. Singapore. (2022). UN.org. Retrieved February 17, 2024, from <https://publicadministration.un.org/egovkb/en-us/Data/Country-Information/id/154-Singapore>
82. Qatar e-Government 2020 strategy, Executive Summary. (2020). Ministry of Information and Communications (ictQatar). <https://ecommerce.gov.qa/wp-content/uploads/2019/07/3.-eCommerce-Guidelines-User-Experience.pdf>
83. Qatar Open Data Portal. (n.d.). Retrieved October 4, 2023, from <https://www.data.gov.qa/pages/home/>
84. Qatar Research, Development, and Innovation (QRDI) Council (2023). QRDI Portal. [Post]. LinkedIn. Retrieved January 25th, 2024, from <https://rb.gy/1a7kg5>
85. Qatar. (2022). UN.org. Retrieved February 17, 2024, from <https://publicadministration.un.org/egovkb/en-us/Data/Country-Information/id/137-Qatar>
86. Ragin, C. C. (1987). *The comparative method. Moving beyond qualitative and quantitative strategies*. Berkeley, Los Angeles and London: University of California Press.
87. Rammea, L., & Grobbelaar, S. S. (2017). The evaluation of e-government implementation: A case study of the Lesotho Company Registry System. 2017 IEEE AFRICON, 504–511. <https://doi.org/10.1109/AFRICON.2017.8095533>
88. Researchers, U. E. (2022). Top reasons government-owned websites need user experience consulting. USER Experience Researchers - UX UI Design & Research Company in Singapore. <https://www.user.com.sg/top-reasons-government-owned-websites-need-user-experience-consulting/>
89. Richard, E. (1999). *Tools of governance, digital democracy, discourse and decision making in the information age*, Routledge, London (1999).
90. Rihoux, B., & Ragin, C. C. (2009). *Configurational comparative methods. Qualitative Comparative Analysis (QCA) and related techniques* (Applied Social Research Methods). Thousand Oaks and London: Sage.
91. Rihoux, B., Rezsöházy, I., & Bol, D. (2011). Qualitative Comparative Analysis (QCA) in Public Policy Analysis: an Extensive Review. *German Policy Studies/Politikfeldanalyse*, 7(3).
74. Nielsen, M. M. (2016). Digitising a small island state: A lesson in faroese. *Proceedings of the 9th International Conference on Theory and Practice of Electronic Governance*, 54–59. <https://doi.org/10.1145/2910019.2910042>
75. Nielsen, M. M. (2017). eGovernance Frameworks for Successful Citizen Use of Online Services: A Danish-Japanese Comparative Analysis. *EJournal of EDemocracy & Open Government*, 9(2), 68–109. <https://doi.org.eres.qnl.qa/10.29379/jedem.v9i2.462>
76. Nielsen, M. M., & Ali, W. K. M. (2021). Governing and Monitoring the Digital Transformation: Assessing the Qatari Experience since 2003. In *Proceedings of the 14th International Conference on Theory and Practice of Electronic Governance (ICEGOV '21)*. <https://doi.org/10.1145/3494193.3494227>
77. Othman, A., Dhouib, A., Chalghoumi, H., El Ghoul, O., & Al-Mutawaa, A. (2024). The acceptance of culturally adapted signing avatars among deaf and hard-of-hearing individuals. *IEEE Access*, 12, 78624–78640. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3407128>
78. Park, I., Kim, D., Moon, J., Kim, S., Kang, Y., & Bae, S. S. (2022). Searching for New Technology Acceptance Model under Social Context: Analyzing the Determinants of Acceptance of Intelligent Information Technology in Digital Transformation and Implications for the Requisites of Digital Sustainability. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su14010579>
79. Participate | Sharek. (2024). Sharek. <https://www.sharek.gov.qa/en/page/participate>
80. Pittaway, J. J., & Montazemi, A. R. (2020). Know-how to lead digital transformation: The case of local governments. *Government Information Quarterly*, 37(4), 101474. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2020.101474>
81. Qatar Digital Government Strategy 2023—2025 | Hukoomi Qatar E-Government. (n.d.). Retrieved September 30, 2023, from <https://hukoomi.gov.qa/en/strategy>

# النفاذ الرقمي والتكنولوجيا المساعدة وأضطراب طيف التوحد في بيئة طب الأسنان: التواصل التفاعلي والعلاج والإحالة والمتابعة

نور الخروصي

بكالوريوس جراحة الأسنان  
nooralkharusi1@outlook.com

## الكلمات الرئيسية

اضطراب طيف التوحد،  
الإعاقات، طب الأسنان،  
التكنولوجيا المساعدة.

119. Wechsung, Ina, and Katrien De Moor. "Quality of Experience Versus User Experience." Quality of Experience: Advanced Concepts, Applications and Methods, edited by Sebastian Möller and Alexander Raake, Springer International Publishing, 2014, pp. 35–54. Springer Link, [https://doi.org/10.1007/978-3-319-02681-7\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-319-02681-7_3).
120. What is Usability Evaluation? (2023). The Interaction Design Foundation. <https://www.interaction-design.org/literature/topics/usability-evaluation>
121. Worthy, B. (2010). More open but not more trusted? The effect of the freedom of information act 2000 on the united kingdom central government. Governance, 23(4), 561–582. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0491.2010.01498.x>
122. Yazid, M. (2024, January 26). Ensuring Digital Inclusion for Persons with Disabilities in Singapore. Disabled People's Association. <https://dpa.org.sg/ensuring-digital-inclusion-for-persons-with-disabilities-in-singapore/>
123. Zhang, X., & Prybutok, V. R. (2005). A consumer perspective of e-service quality. IEEE transactions on Engineering Management, 52(4), 461–477.
109. UN E-Government Development Index. (2022). un.org. Retrieved February 17, 2024, from <https://publicadministration.un.org/egovkb/en-us/data-center>
110. Unified theory of acceptance and use of technology. (2023). Wikipedia. [https://en.wikipedia.org/wiki/Unified\\_theory\\_of\\_acceptance\\_and\\_use\\_of\\_technology](https://en.wikipedia.org/wiki/Unified_theory_of_acceptance_and_use_of_technology)
111. United Nations (2012), E-Government Survey 2012. E-Government for the People, New York. <https://www.ifo.de/DocDL/dicereport412-db2.pdf>
112. User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View on JSTOR. (n.d.). www.jstor.org. <https://www.jstor.org/stable/30036540>
113. User research campaign. (2023). USER Experience Researchers - UX UI Design & Research Company in Singapore. <https://www.user.com.sg/user-research-campaign/>
114. Ux design. (2024). Singapore Government Developer Portal. <https://www.developer.tech.gov.sg/guidelines/development-and-iteration/ux-design>
115. van Staden, C. J., van Biljon, J. A., & Kroeze, J. H. (2015). eModeration: Towards a user experience evaluation framework. In Proceedings of the 2015 Annual Research Conference on South African Institute of Computer Scientists and Information Technologists (pp. 1–11). <https://doi.org/10.1145/2815782.2815821>
116. Venkatesh, V., & Bala, H. (2008). Technology acceptance model 3 and a research agenda on interventions. Decision Sciences, 39(2), 273–315. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5915.2008.00192.x>
117. Venkatesh, V., & Davis, F. D. (2000). A theoretical extension of the technology acceptance model: Four longitudinal field studies. Management Science, 46(2), 186–204. <https://doi.org/10.1287/mnsc.46.2.186.11926>
118. Wachter, J. A. (2002). Portfolio and Consumption Decisions under Mean-Reverting Returns: An Exact Solution for Complete Markets. Journal of Financial and Quantitative Analysis. <https://doi.org/10.2307/3594995>

**الملخص:** تهدف هذه الورقة إلى تسليط الضوء على العلاقة بين صحة الفم واضطراب طيف التوحد وإلى جعل رعاية الأسنان أكثر سهولة للأشخاص المصابين بالتوحد. وقد أثبتت دراسات متعددة أن الأفراد المصابين بالتوحد أكثر عرضة لمشاكل الأسنان ومع ذلك فإنهم أقل احتمالاً لطلب رعاية الأسنان وحتى عندما يفعلون ذلك فإنه غالباً ما تكون هناك فجوات تمنعهم من الحصول على الرعاية المناسبة. وهكذا فإنه من المهم معالجة الصعوبات التي يواجهها الأفراد المصابون باضطراب طيف التوحد من أجل تقديم رعاية فموية أفضل وتحسين صحة الفم وتعزيز الوعي لدى الأفراد والآباء ومقدمي الرعاية.

## 1. المقدمة

يتم تعريف اضطراب طيف التوحد (ASD) وفقاً للطبعة الخامسة من الدليل التشخيصي والإحصائي للاضطرابات العقلية (DSM-5) على أنه اضطراب عصبي نمائي معقد يتميز بما يلي:

- صعوبات مستمرة في التفاعلات الاجتماعية والتواصل.
- هتمامات وأنشطة وسلوكيات محدودة ومقيدة ومتكررة.
- تتأثر الحياة اليومية بالأعراض.

تصف كلمة "الطيف" تنوع وشدة الأعراض التي يعاني منها الأفراد المختلفون. حيث يعاني بعض الأفراد المصابين بالتوحد من أعراض خفيفة للغاية مما يتسبب في تشخيصهم في وقت لاحق من حياتهم وفي بعض الحالات قد لا يتم تشخيصهم أبداً. وقد ارتفع عدد الأطفال الذين تم تشخيصهم بالتوحد في السنوات الأخيرة ليصل إلى معدل 1 من كل 54 طفلاً وذلك وفقاً لورقة بحثية نُشرت في عام 2020 بواسطة (Como et al). حيث أشار كومو إلى حقيقة أن التوحد كان نادراً فيما سبق ولكن عدد التشخيصات قد زاد بشكل كبير في نصف القرن الماضي. ويجب تنبيه أطباء الأسنان إلى هذه الزيادة الكبيرة في تشخيصات اضطراب طيف التوحد لأنهم في الوقت الحاضر أكثر عرضة لمقابلة الأفراد المصابين بالتوحد في عياداتهم.

ويؤثر التوحد على مجالات مختلفة في الصحة العامة مما يؤثر بدوره على صحة الفم أيضاً. وستسلط هذه الورقة الضوء على كيفية ارتباط صحة الفم والتوحد وتقترح حلولاً لسد الفجوة بين الأفراد المصابين باضطراب طيف التوحد وتلقي رعاية الأسنان المناسبة.

## 2. المنهجية

تتبع هذه الدراسة نهجاً نوعياً باستخدام مزيج من مراجعة الأدبيات وتحليل دراسات الحالة لاستكشاف التحديات الحالية التي يواجهها الأفراد المصابون باضطراب طيف التوحد في بيئات طب الأسنان وتحديد الفرص لتعزيز إمكانية النفاذ من خلال الأدوات الرقمية والتكنولوجيا المساعدة.

وتتضمن القيود التي نواجهها الاعتماد على البيانات الثانوية التي قد تؤدي إلى ظهور تحيز في هذه الورقة بالإضافة إلى الحلول التكنولوجية المحدودة التي يتم تنفيذها حالياً في بيئات طب الأسنان للأفراد المصابين باضطراب طيف التوحد.

## 3. المناقشة

### 3.1. العلاقة بين صحة الأسنان والتوحد

سنقدم في هذا القسم وصفاً موجزاً لبعض المشكلات التي يعاني منها الأفراد المصابون باضطراب طيف التوحد والمتعلقة بصحة الفم والأسنان.

- **اضطراب المعالجة الحسية:** إن اضطرابات المعالجة الحسية هي مشكلات حسية بحيث أن الشخص المصاب لا يستجيب بشكل مناسب للمحفز. حيث يمكن أن يعاني الأشخاص المصابين باضطرابات المعالجة من الاستجابة المفرطة أو غير الكافية لمحفز ما مما قد يؤدي إلى ضعف التنسيق أو البحث عن التحفيز الحسي أو تجنب التحفيز الحسي.

ويمكن ألا يتحمل الأفراد المصابين باضطراب طيف التوحد المحفزات البصرية والسمعية في عيادة الأسنان ما يؤدي إلى تجنب هؤلاء الأفراد زيارة طبيب الأسنان مما يسبب تصعيد المشكلة والحاجة إلى إجراءات أكثر شدة. وغالباً ما يتم تحويلهم إلى التخدير الواعي أو التخدير العام (وهو أكثر تكلفة) للقيام بالعلاج الذي عادةً ما يمكن تقديمه عبر التخدير الموضعي البسيط.

وقد أشارت دراسة أجراها سيرماك (Cermak et al) إلى أن العلاجات السنوية التي أجريت للأطفال المصابين بالتوحد في بيئة سنية مكيّفة حسياً كانت أكثر فعالية من العلاجات التي أجريت في بيئة سنية عادية. وفي عام 2015 اقترحت مراجعة أجراها نيلسون (Nelson et al) أن الأطفال المصابين بالتوحد أقل عرضة للتأثر بالمدخلات الحسية عندما تكون البيئة مألوفة.

كما أن هناك جانب آخر لاضطرابات المعالجة الحسية والتوحد وهو الاستجابة الحسية المفرطة أثناء تنظيف الأسنان. حيث أجرى خراوتيو (Khrutievo et al) دراسة مراقبة مقطعية في عام 2020 اقترحت أن الأفراد المصابين باضطراب طيف التوحد أقل تعاوناً عندما يتعلق الأمر بتنظيف الأسنان وخاصة في عيادة الأسنان. ويؤدي هذا الأمر إلى زيادة خطر تسوس الأسنان وفقدان الأسنان. كما وجدت دراسة أجراها جابر (Jaber M) أن الأفراد المصابين بالتوحد لديهم نظافة فموية أسوأ وخطر تسوس متزايد. وفي الختام نرى أن الأفراد المصابون باضطراب طيف التوحد يجدون صعوبة في تلقي علاج الأسنان بسبب اضطرابات المعالجة الحسية والمدخلات الحسية السلبية أثناء زيارة عيادات الأسنان. وللمحذ من ذلك فإنه يجب أن تكون بيئة الأسنان مألوفة لهم. بالإضافة إلى ذلك



فإنهم معرضون لخطر تسوس الأسنان المتزايد بسبب الاستجابة الحسية المفرطة أثناء تنظيف الأسنان مما يجعلهم يقومون بتنظيف الفم بشكل سيئ.

#### • اضطراب تجنب/تقييد تناول الطعام

##### (ARFID) المرتبط باضطراب طيف التوحد:

يُعرّف اضطراب تجنب/تقييد تناول الطعام (ARFID) بأنه اضطراب في التغذية والأكل حيث يفتقر الفرد إلى الاهتمام بالأكل ويتجنب الطعام بسبب خصائصه الحسية (التذوق والرائحة والملمس وما إلى ذلك) أو خوفاً من رد الفعل السلبي على الطعام. وتشمل بعض عواقب هذا الاضطراب فقدان الوزن وفشل الأطفال في الوصول إلى مراحل الوزن المحددة لسنهم ونقص التغذية والاعتماد على المكملات و/أو التغذية المعوية واضطراب الأداء النفسي والاجتماعي.

وقد تم تقدير حدوث اضطراب تجنب/تقييد تناول الطعام (ARFID) واضطراب طيف التوحد بشكل متواز في 12.5% - 33.3% من الحالات في دراسة أجراها كوزاك (Kozak A). نشرت في عام 2023. ومن المضاعفات العديدة لاضطراب تجنب/تقييد تناول الطعام (ARFID) نذكر الارتجاع المعدي المريئي والقيء. كما تتسبب المواد الحمضية في انخفاض مستوى الأس الهيدروجيني للبيئة الفموية بشكل كبير مما يسبب التآكل وهو نوع من فقدان سطح الأسنان ومينا الأسنان بسبب الهجمات الحمضية. ومن مظاهر الهجمات الحمضية أيضاً ظهور أعراض على الأنسجة الرخوة مثل الحرقان والحساسية.

#### • متلازمة إيلرز دانلوس (EDS) وعلاقتها

**بالتوحد وصحة الأسنان:** تعرف متلازمة إيلرز دانلوس (EDS) على أنها مجموعة من اضطرابات النسيج الضام الوراثية التي تؤثر على تخليق الكولاجين والمصفوفة خارج الخلية وصيانتها. ويكون لدى الأفراد الذين يعانون من متلازمة إيلرز دانلوس هشاشة ملحوظة في الجلد وقابليته المفرطة للتمدد وفرط حركة المفاصل الحركة وميل للتعرض للكدمات.

وتؤثر متلازمة إيلرز دانلوس على العديد من مناطق الجسم ولكننا سنركز هنا على منطقة الوجه والفم. ومن الضروري ذكر دور الكولاجين ومدى أهميته في الحفاظ على الصحة العامة

للأسنان واللثة قبل شرح كيفية تأثير متلازمة إيلرز دانلوس على صحة الفم. يشكل الكولاجين في الأسنان مصفوفة لتعدين الصفائح الدموية المعدنية في العاج حيث يعد المكون الرئيسي لذلك فهو يوفر سقالة لتكوين الأنسجة المعدنية. وعند مقارنتها بالمينا وهي الطبقة الخارجية للسن فإن طبقة العاج أقل تمعدناً وأقل هشاشة ويمكنها تحمل قوى الضغط العالية والمضغ بسبب وفرة الكولاجين. لذلك فإن أي سن يعاني من خلل في العاج هو سن ضعيف ينكسر بسهولة حتى تحت ضغط المضغ. يتم دعم الأسنان وتثبيتها في مكانها بواسطة الأربطة اللثوية وهي عبارة عن حزم من ألياف الكولاجين يمكنها تحمل ضغط المضغ وأحمال الإطباق الثقيلة. ويمكن تشبيه ذلك بسهولة بالترامبولين الذي يقفز شخص عليه حيث لا ينكسر الإطار وحصيرة القفز لأنها مثبتة بقوة بواسطة نوابض مرنة يمكنها التمدد قليلاً وإعادة توزيع القوى وأي مشكلة في هذه النوابض ستؤثر على القوة التي يمكن أن يتحملها الترامبولين وفي الحالات الشديدة ستؤدي إلى انفصال المكونات عن بعضها البعض.

#### • الإهمال وعدم الاهتمام بنظافة الفم:

أظهرت دراسة وصفية مقطعية أجريت في تشيناي في عام 2022 بواسطة (Suresh S. et al). زيادة حالات سوء نظافة الفم بين الأشخاص ذوي الإعاقة بسبب إهمال الوالدين ومقدمي الرعاية وحتى أطباء الأسنان. ولوحظ أن الأشخاص الذين يعانون من حالات خفيفة من التوحد قادرون على الحفاظ على نظافة الفم الجيدة في حين أن الآخرين غير قادرين على القيام بذلك وبالتالي فإنهم يعتمدون على مقدمي الرعاية أو الوالدين لمساعدتهم في تنفيذ تدابير نظافة الفم. وقد تم ربط مستوى أداء الأفراد المصابين بالتوحد بمستوى أداء نظافة الفم وفقاً لمسح أجراه (Weil TN et al).

وارتبط مستوى التعاون لدى الأفراد المصابين باضطراب طيف التوحد ارتباطاً وثيقاً بمدى شدة التوحد ومستوى الأداء الوظيفي لكل فرد مثل التحدث والاستماع والقدرة على الرعاية الذاتية وما إلى ذلك. حيث أظهر الأشخاص الذين لديهم قدرة أكبر على التحدث والاستماع والمحادثة قدرة أفضل على الاعتناء بنظافة الفم بشكل مستقل في حين يكافح الأفراد المصابون بالتوحد الذين لديهم قدرات وظيفية أقل مستوى للقيام بذلك ويجب على مقدمي الرعاية مساعدتهم في تنظيف أسنانهم بالفرشاة وخط الأسنان. ويكافح مقدمو الرعاية في بعض الأحيان للقيام بذلك بسبب انخفاض مستوى التعاون أو بعض المشكلات الحسية مما يدفع الكثير منهم للتوقف عن الاعتناء بنظافة الفم.

#### • التحديات التي يواجهها الأفراد المصابون

##### باضطراب طيف التوحد في عيادة الأسنان:

سبق أن أوضحنا أن الأشخاص المصابين بالتوحد يعانون من مضاعفات فموية مختلفة لذلك كان من المنطقي أن تكون هناك رعاية خاصة متاحة لهم. ول سوء الحظ فإن العديد من احتياجاتهم لا يتم تلبيتها.

#### 3.2. أطباء الأسنان عديمي الخبرة::

يعد طب الأسنان للرعاية الخاصة أحد أقسام طب الأسنان الذي يركز على تقديم العلاجات للأشخاص ذوي الإعاقة ومنع ظهور أو تطور أمراض الأسنان. ويعتد التعرف المبكر على المرض والوقاية منه جزءاً أساسياً في طب الأسنان للرعاية الخاصة. ويتضمن جزء آخر من طب الأسنان للرعاية الخاصة تقديم الرعاية للأشخاص ذوي الاحتياجات الإضافية المعقدة.

وقد أثبتت دراسة نُشرت مؤخراً في عام 2024 بواسطة (Scepanovic T. et al). عدم وجود مناهج طب الأسنان للرعاية الخاصة في كليات طب الأسنان. وتعد هذه الدراسة فريدة من نوعها حيث تم إجراؤها على مستوى العالم في 1265 كلية طب أسنان في 180 دولة.

وكانت النتائج مذهلة حيث خلصت إلى وجود نقص في مناهج كليات طب الأسنان التي تركز على تقديم الرعاية للأشخاص ذوي الإعاقة حتى بين دول مجموعة السبع التي تعتبر أكثر دول العالم تقدماً اقتصادياً.

وأشارت الدراسة أيضاً إلى أن المعرفة والتعليم فيما يتعلق بطب الأسنان للرعاية الخاصة وتوفير رعاية الأسنان للأشخاص ذوي الإعاقة يجب أن تشكل أمراً بالغ الأهمية لكل من أطباء الأسنان العاميين والمتخصصين.

ويجب أن يكون أطباء الأسنان العامون والمتخصصون على دراية جيدة بمرض التوحد حتى يتمكنوا من تقديم الرعاية الوقائية والقيام بإجراءات علاجية أقل شدة للمرضى المصابين بالتوحد الخفيف إلى المتوسط والذين لديهم القدرة على التعاون بدلاً من الإحالات والتكاليف الإضافية على الأفراد.

### 3.3 عيادات الأسنان غير القابلة للنفاذ

إن عدم إمكانية الأشخاص المصابين باضطراب طيف التوحد النفاذ إلى عيادات الأسنان هي قضية متعددة العوامل كما اقترح باري جيه إيه (Parry JA. et al). وسيناقش هذا القسم بعض هذه العوامل.

#### • القلق والخوف من طبيب الأسنان: في

استكشف مقال نشره (Beaton L. et al). حول سبب خوف الناس من طبيب الأسنان العديد من الأسباب. وكانت التجارب المؤلمة والتعرف على التجارب السيئة لأشخاص آخرين وسمات الشخصية الفردية كلها أسباباً للتسبب في الخوف من طبيب الأسنان. وقد أفاد المقال بأن 50% من أولئك الذين يعانون من الخوف والقلق من طبيب الأسنان قد اكتسبوه أثناء الطفولة واستمر معهم حتى مرحلة البلوغ. وأظهر التحليل أن عدد عمليات خلع الأسنان التي خضع لها الطفل يرتبط بارتفاع حالات الخوف والقلق من طبيب الأسنان. ومن المهم أيضاً الإشارة إلى أن الأطفال قد أظهروا مستويات أقل من الخوف من طبيب الأسنان إذا كانوا قد قاموا بمزيد من زيارات الفحص قبل تلقي العلاج. وقد أظهرت الدراسات التي أجريت في المملكة المتحدة أن الأشخاص المصابين باضطراب طيف التوحد يعانون من قلق وخوف بمستوى أعلى فيما يتعلق بأطباء الأسنان مقارنة بالأشخاص الآخرين. ولا يأتي هذا القلق من الفرد فحسب بل يأتي أيضاً من طبيب الأسنان حيث ذكر باري جيه إيه (Parry JA et al). أن أطباء الأسنان يشعرون بالقلق عند علاج الأشخاص المصابين بالتوحد. ويواجه الأفراد المصابون بالتوحد صعوبات عند التعامل مع فريق طب الأسنان بسبب قلقهم وخوفهم ولذلك نرى شيوعاً للسلوكيات الصعبة لدى الأطفال المصابين بالتوحد. وغالباً ما يجد أطباء الأسنان صعوبة في التعامل مع هذه السلوكيات لدى الأطفال الطبيعيين لذا فمن الطبيعي أن يكون التعامل مع المرضى المصابين بالتوحد أكثر صعوبة في كثير من الأحيان. كما سلط باري جيه إيه (Parry JA et al). الضوء على أن العديد من الأفراد المصابين بالتوحد يتلقون علاج الأسنان تحت التخدير العام واقترح أنه يجب تنفيذ استراتيجيات رعاية الأسنان الأولية الأكثر عملية. وغالباً ما يتم تدريب أطباء الأسنان جيداً للتعامل مع مواقف مثل الصراخ والبكاء وانخفاض التعاون من جانب المرضى فهم يستخدمون العديد من الأساليب لطمأنة المريض وتوفير بيئة أكثر راحة له.

#### • الحساسية الحسية: As discussed كما رأينا أعلاه

فإن الأشخاص المصابون بالتوحد يعانون من اضطرابات المعالجة الحسية وهي إحدى المشكلات التي تسبب لهم ضائقة شديدة عند تلقي علاج الأسنان. ولسوء الحظ تفتقر العديد من عيادات الأسنان إلى المرافق اللازمة لمساعدة الأشخاص المصابين بالتوحد على التعامل مع مشكلة زيادة الحساسية الحسية على الرغم من أن الطبيعة المتأصلة لعيادات الأسنان تحفز هذه الحساسية بشكل متزايد. ومن الأمثلة على ذلك نذكر الضائقة الحسية الناجمة عن نسيج مادة أو عنصر ما. وقد جمع باري جيه إيه (Parry JA et al). بيانات حول تجارب الأفراد المصابين بالتوحد لدى أطباء الأسنان حيث أفاد والدا أحد الأطفال المصابين بالتوحد أن طفلهما سيقبل العلاج وعادة ما يكون مسترخياً ومع ذلك فإن هذا الطفل يصاب بالذعر وبيكي ويتعرق عندما يتم ذكر المادة المستخدمة في التنظيف والتي سيتم استخدامها عليه لأنه وفقاً لهم يشعر أنها رملية.

ويوجد هناك جانب آخر من الحساسية الحسية وهو جانب يرتبط بالتحفيز البصري. حيث يمكن أن تشكل الأضواء وانعكاساتها مشكلة للأفراد المصابين بالتوحد أثناء علاج الأسنان. كما يتسبب التحفيز السمعي في زيادة التحميل الحسي للأشخاص المصابين بالتوحد. حيث أنه في عيادة الأسنان يكون من الصعب تحمل الأصوات الناتجة عن تشغيل الآلات والساعات والأدوات اليدوية وأداة الشفط وما إلى ذلك.

وتشمل المحفزات الأخرى التي يصعب على الأفراد المصابين باضطراب طيف التوحد تحملها التذوق والاهتزازات وحتى لمسهم من قبل فريق طب الأسنان.

#### • صعوبات في التواصل:

نشر فوجيندروكاس آي (Vogindroukas I. et al). دراسة في عام 2022 بعنوان "خصائص اللغة والكلام في اضطراب طيف التوحد" حيث أكد على اختلاف القدرات اللغوية الشفهية والكتابية باختلاف الأفراد المصابين باضطراب طيف التوحد. فقد أظهر بعضهم قدرة لغوية ضعيفة بينما أظهر آخرون قدرة أعلى من المتوسط.

وكانت صعوبة التواصل مع طبيب الأسنان واضحة لدى المجموعة الأولى حيث تمنعهم قدرتهم المحدودة على التعبير عن اللغة المكتوبة واللفظية من شرح أعراضهم بوضوح للطبيب. وبالنسبة لبعض الأشخاص فقد يكون بإمكانهم التواصل بعد حصولهم على بعض المساعدة. ويمكن أن يكون الأفراد المصابون باضطراب طيف التوحد لفظيين أو لفظيين بمستوى أدنى أو غير لفظيين. ومن واجب طبيب الأسنان التعرف على نمط التواصل الخاص بكل شخص والتواصل معه وفقاً لذلك بطريقة تناسب احتياجاتهم وتجعل الأمر أقل صعوبة بالنسبة لهم.

#### • السلوكيات الصعبة: ذكر إيدلسون (Edelson SM).

أن العديد من الأشخاص المصابين بالتوحد يعانون من سلوكيات صعبة تتضمن العدائية تجاه الأشخاص مثل الضرب أو العضة أو الخدش وإيذاء النفس مثل سحب الشعر أو عض اليدين أو صفع النفس ونوبات الغضب الشديدة.

لقد قيل منذ ستينيات القرن العشرين أن السلوكيات الصعبة تندرج تحت نموذج يبدأ بتلقي المحفزات التي تثير السلوك الصعب واعتماداً على كيفية تعزيز السلوك سواء بشكل سلبي أو إيجابي فإن معدل تكرار وشدة نفس السلوك سيكون أقل أو أكثر احتمالية للتكرار. ويعرف هذا باسم نموذج التكييف الإجرائي.

ساهم بيجو وباير (Baerg Bijou) في هذا المجال من خلال نشر أبحاثهما ونظريتهما المتعلقة بعلم النفس البشري وعلم نفس الطفل ونمو الأطفال. كما تمت الإشارة إلى عملهما في مقالة إيدلسون (Edelson SM). باعتباره قد ساهم في نموذج التكييف الإجرائي حيث قاموا بتعديله ليشمل العوامل الداخلية للفرد مثل الألم الجسدي وعدم الراحة والتعب والمحيط الخارجي مثل الضوء ودرجة الحرارة ووصفوها كأحداث متعلقة بالبيئة. وفي هذه الحالة سيشمل تدفق الأحداث التي تسبق حدوث السلوك غير المرغوب فيه عوامل داخلية وخارجية.

ويعتمد سلوك الفرد المصاب بالتوحد أيضاً على إدراكه الداخلي. والإدراك الداخلي هو أساسيس الجسم الداخلية التي تشمل الجوع والعطش والألم وحركات الأمعاء وما إلى ذلك. ويتم تنفيذ الإدراك الداخلي من قبل أجزاء محددة من الدماغ. وقد أظهرت الدراسات أن الأفراد المصابين باضطراب طيف التوحد لديهم إدراك داخلي ضعيف التنظيم. كما يظهر بعض الأشخاص المصابين بالتوحد استجابة متزايدة بينما يظهر آخرون استجابة أقل بسبب اختلال الإدراك الداخلي لديهم.

ويلعب الإدراك الداخلي دوراً في إظهار السلوك السلبي حيث ارتبط الإدراك الداخلي العالي والاستجابة المفرطة وعدم القدرة على تحديد مكان الألم وعدم الراحة بزيادة السلوكيات غير المرغوب فيها وشدها وتكرارها. ويدرك أطباء الأسنان مفهوم التعزيز السلبي والإيجابي لذلك فإنه يجب عليهم دائماً التأكد من تطبيق هذه المفاهيم وفقاً لذلك وبالطريقة الصحيحة مع مراعاة طبيعة الشخص وعوامل البيئة والإدراك الداخلي ونمط السلوك الصعب.

كانت هذه بعض العوامل التي تفسر سبب معاناة العديد من المصابين بالتوحد للحفاظ على صحتهم الفموية والتي تتبع (إضافة لقضايا أخرى) من عدم إمكانية الوصول إلى عيادات الأسنان. وتتضمن هذه العوامل بعض النقاط المهمة نذكر منها أطباء الأسنان عديمي الخبرة الذين لديهم القليل من المعرفة والخبرة عند التعامل مع الأشخاص المصابين بالتوحد ونقص أطباء الأسنان المتخصصين في طب الأسنان للرعاية الخاصة والطبيعة المتأصلة للأفراد المصابين بالتوحد الذين يتميزون بالحساسية الحسية وطبيعة عيادات الأسنان التي تتميز بالتحفيز الحسي وزيادة مستويات القلق والرهاب التي يمكن أن تجعل التواصل صعباً وتؤدي إلى سلوكيات غير مرغوب فيها يجد أطباء الأسنان صعوبة في السيطرة عليها والإعاقه الفكرية التي تؤثر أيضاً على التواصل الفعال.

## 3.4. كيف نجعل رعاية الأسنان أكثر سهولة

## للأفراد المصابين بالتوحد؟

سيناقش هذا القسم اقتراحات متعددة لجعل رعاية الأسنان أكثر سهولة بالنسبة للأفراد المصابين بالتوحد.

- **تعديل البيئة في عيادات الأسنان:** إن رحلة استيعاب المدخلات الحسية لأفراد اضطراب طيف التوحد تبدأ منذ دخول العيادة. وعادة ما يبدأ أطباء الأسنان في مراقبة المريض منذ تلك اللحظة أيضًا لأنه يمكن للحظات دخول المريض للعيادة أن تعطي الكثير من المعلومات حول شخصيته وسلوكه. ويمكن للأفراد المصابين بالتوحد أن يتصرفوا بأي من هذه الطرق اعتمادًا على شدة التوحد لديهم والعوامل المحيطة ومستوى الإدراك الداخلي والعديد من العوامل الأخرى. ويتمثل دور فريق طب الأسنان في الترحيب بالفرد منذ لحظة دخوله إلى العيادة. كما يجب على الفريق تقديم أنفسهم وشرح أدوارهم ويجب على طبيب الأسنان شرح ما سيفعله اليوم. قد يكون لهذه البادرة البسيطة تأثير كبير على الشخص المصاب بالتوحد لأنه في كل مرة يرحب بها فريق طب الأسنان به ويقدمون أنفسهم له يتكون لديه شعور بالألفة. ويراقب طبيب الأسنان بعد ذلك مرضاه في غرفة الانتظار لأن ذلك أيضًا يمكن أن يعطي فكرة واضحة عن الشخص. حيث يتصرف الأفراد المصابون بالتوحد بشكل مختلف في غرفة الانتظار اعتمادًا على العوامل المذكورة أعلاه. كما أن أفضل ما يمكن أن تفعله عيادات الأسنان لتسهيل زيارات الأشخاص المصابين بالتوحد لطبيب الأسنان هو عدم تركهم ينتظرون لفترة طويلة وجعل البيئة في منطقة الانتظار أكثر راحة لهم.

يعاني الأفراد المصابون باضطراب طيف التوحد كما ذكرنا سابقًا من مشاكل حسية يمكن أن تنجم عن الضوء والأصوات المختلفة. ولذلك فإنه من الأفضل أن تكون منطقة الانتظار ذات إضاءة خافتة كما يفضل أن تظل أبواب غرف العلاج مغلقة حتى لا تصل الأصوات العالية إلى غرفة الانتظار. ويجب ألا تحتوي غرفة الانتظار على أي نوع من الروائح أو العطور القوية.

كما أن هناك طريقة أخرى لتعديل مناطق الانتظار وهي توفير منطقة حسية تحتوي على ألوان وكتب ومكعبات وألعاب وما إلى ذلك وتوفير كراسي مريحة. ويجب أن تكون الأسطح ناعمة والأضواء خافتة. ويمكن أيضًا استخدام الحوائج الناعمة والألعاب الحسية التفاعلية أو الأدوات.

ومن المهم أيضًا أن تكون بيئة العيادة مريحة لهم. حيث تحتوي بعض مواد طب الأسنان على روائح قوية جدًا مثل الأوجينول أو هيبوكلوريت الصوديوم ولذلك يجب أن تكون الغرفة جيدة التهوية أو يمكن استخدام العطور الأخرى التي يفضلها الشخص المصاب بالتوحد لإخفاء الروائح القوية. كما أنه من المهم أن تكون البيئة مألوفة للشخص المصاب بالتوحد لذلك فإنه يمكن لفريق طب الأسنان ترتيب زيارة الفرد لعيادتهم لعدة مرات وتعريفه بالمكان والسماح له باستكشاف كرسي الأسنان وأداة الشفط والأقنعة والأدوات الأخرى. إن الهدف الرئيسي من هذه الزيارات هو تعريف الفرد المصاب بالتوحد بالبيئة المحيطة وليس تقديم العلاج. كما تعد هذه الزيارات مهمة أيضًا لطبيب الأسنان لأنها تمنحه فكرة عن شخصية الفرد ونمط سلوكه ودرجة تعاونه.

إن أفضل الطرق للتعامل مع المرضى القلقين من جميع الأعمار هي تقنية العرض والإخبار والفعل التي يعرفها جميع أطباء الأسنان. وتتضمن طرق تنفيذها إظهار أداة شفط اللعاب للشخص على سبيل المثال ثم شرح أن هذه الأداة تمتص الماء واللعاب من الفم كما يمكن لطبيب الأسنان بعد ذلك وضع بعض الماء في كوب وشفطه وإخباره أن هذه هي الطريقة التي تعمل بها هذه الأداة وأخيرًا يمكنهم تجربتها في أفواههم.

وتتضمن الطرق الأخرى لتحسين تجربة العلاج والحصول على أفضل النتائج توفير وسائل تشتيت انتباه الشخص المصاب بالتوحد. حيث يمكن توصيل شاشة بكرسي الأسنان مع وجود جهاز التحكم عن بعد مع المريض. ويمكن أيضًا استخدام سماعات الرأس التي تعمل على إلغاء الضوضاء. كما يعد تعديل ضوء كرسي الأسنان أيضًا طريقة أخرى لتعديل البيئة وجعلها أكثر ملاءمة للحواس.

ومن المهم أيضًا تخصيص نفس الطبيب للأفراد المصابين بالتوحد الذين يجب أن يتعرفوا على طبيب الأسنان جيدًا ليكونوا أكثر معرفة به وراحة في التعامل معه.

## • تعديل الأدوات والأجهزة المستخدمة

**في طب الأسنان:** يواجه العديد من أطباء الأسنان صعوبة في تقريب أدواتهم من فم الشخص المصاب بالتوحد. ويرجع هذا الأمر إلى العديد من الأسباب فعلى سبيل المثال يعتقد الشخص المصاب بالتوحد أن هذه الأداة ستسبب له الألم. ويعتبر أسلوب العرض والإخبار والفعل الذي تمت مناقشته سابقًا من أفضل الطرق للتعامل مع هذا الأمر.

وهناك سبب آخر لرفض الشخص المصاب بالتوحد للأدوات المستخدمة في طب الأسنان وهو أن هذه الأدوات غير مألوفة بالنسبة له.

وتوجد هناك طريقة أخرى للتغلب على هذا الأمر عبر تصميم الأدوات المستخدمة في طب الأسنان لتبدو وكأنها أشياء مألوفة يضعها المريض في فمه. فيمكن على سبيل المثال إعادة تصميم مرآة الأسنان لتبدو وكأنها ملعقة ويمكن تصميم حقنة التخدير الموضعي لتبدو وكأنها مصاصة أو غيرها من الأطعمة ويمكن تصميم مكشطة الموجات فوق الصوتية لتبدو وكأنها فرشاة أسنان.

ومن الأهمية بمكان أيضًا مراعاة راحة المريض وسلامته لذا فإن أحد الأشياء التي يمكن القيام بها هو توفير كتل العض والأدوات التي تساعد في إبقاء الفم مفتوحًا. ويمكن ربط هذه الأدوات بأجهزة كحت الجير بالأمواج فوق الصوتية والأجهزة اليدوية عالية السرعة ثم إزالتها للتعقيم. وهناك اقتراح آخر وهو إخفاء الأزرار الموجودة على كرسي الأسنان في الأسفل في مكان لا يمكن الوصول إليه إلا من قبل طبيب الأسنان. وهناك تعديل آخر يمكن إجراؤه على كرسي الأسنان وهو إضافة موجه صوتي يخبر المريض بأن الكرسي سيتم رفعه الآن أو أنه سيتم خفضه وهكذا.

ونظرًا للمشاكل الحسية التي يعاني منها الأفراد المصابون باضطراب طيف التوحد فقد يكون بعضهم حساسًا للأضواء لذا فإن أحد الأشياء التي يمكن القيام بها هو إزالة ضوء الأسنان فوق المريض واستبداله بضوء أصغر يمكن توصيله بالأدوات أو فصله عنها أو تعديل كل أداة بحيث يكون لها مصدر ضوء خاص بها.

## • توفير خبير واحد على الأقل في مجال

**اضطرابات طيف التوحد في كل عيادة:** يعتبر هذا الحل صعب التنفيذ بسبب النقص الحالي في الخبراء في هذا المجال. ولكن ما يمكن القيام به هو جمع الموارد البشرية المتاحة وجمع البيانات حول أطباء الأسنان الذين لديهم المعرفة والمهارات والثقة للتعامل مع مرضى التوحد الخفيف والمتوسط ثم تعيينهم في عيادات مختلفة.

كما يوصى بتعيين أطباء أسنان الأطفال ذوي الخبرة في التخدير بالاستنشاق أو التخدير الواعي في عيادات متعددة في مناطق مختلفة.

ويُقترح أيضًا إجراء المزيد من الاستثمارات لدعم أطباء الأسنان هؤلاء ومساعدتهم في الحصول على التعليم المناسب لتعزيز خبرتهم ومعرفتهم باضطراب طيف التوحد.



## • زيادة الوعي لدى الآباء ومقدمي الرعاية:

يتعين على مرافق طب الأسنان وأطباء الأسنان بذل المزيد من الجهود فيما يتعلق بتثقيف الآباء ومقدمي الرعاية حول أهمية صحة الفم للأفراد المصابين بالتوحد. ويتعين عليهم دائمًا التأكيد على أهمية تنظيف الأسنان بالفرشاة واستخدام خيط الأسنان والزيارات المنتظمة لطبيب الأسنان. كما يتوجب عليهم التأكيد من أن الآباء ومقدمي الرعاية على دراية بمشاكل صحة الفم التي تصاحب التوحد.

ويتعين على مقدمي الرعاية والآباء من ناحية أخرى عدم إهمال أهمية صحة الفم لأطفالهم المصابين بالتوحد. حيث يتعين عليهم أن يكونوا على دراية تامة بالآثار المترتبة على إهمال صحة الفم لمرضى التوحد ويتعين عليهم دائمًا طلب المزيد من المعلومات من أطباء الأسنان كلما لزم الأمر.

وبالانتقال إلى القسم الأخير وهو الجانب الرئيسي والأهم في هذا الاقتراح سأناقش بالتفصيل الفكرة الرئيسية حول كيفية مساهمة أطباء الأسنان في مساعدة الأشخاص المصابين بالتوحد في الحصول على المزيد من الرعاية السنية.

## • تصميم تطبيق للأشخاص المصابين بالتوحد:

تطوير تطبيق للأشخاص المصابين بالتوحد لمساعدتهم في الحصول على المزيد من الخدمات السنية. وسيتم توفير المزيد من التفاصيل أدناه.

| الجانب  | التفاصيل  |
|---|---|
| ما هو هذا التطبيق؟                              | تطبيق للأجهزة المحمولة يتيح للأفراد المصابين بالتوحد العثور على أطباء أسنان مناسبين وحجز المواعيد ومراجعة مواعيدهم السابقة.   |
| لمن تم تصميمه؟                                  | الأفراد المصابون باضطراب طيف التوحد (ASD) ومقدمي الرعاية لهم أو أولياء أمورهم وأطباء الأسنان والأطباء والصيدلة.   |
| كيف سيساعد الأفراد المصابين باضطراب طيف التوحد؟ | <ul style="list-style-type: none"> <li>• يوفر إمكانية النفاذ إلى ملفات تعريف أطباء الأسنان للاختيار بشكل مستنير.</li> <li>• يتيح حجز المواعيد مما يقلل من التوتر.</li> <li>• يتضمن ملفات تعريف شخصية تعرض خطط العلاج والعلاجات السابقة والأشعة السينية والملاحظات السريرية.</li> <li>• يرسل تذكيرات بالمواعيد.</li> <li>• يسمح بإجراء استشارات بسيطة عن طريق طرح الأسئلة على أطباء الأسنان.</li> </ul>                                      |
| كيف سيساعد أطباء الأسنان؟                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• يدعم اختيار المريض من خلال التأكد من اختيار أطباء أسنان على دراية بطب الأسنان الخاص (SCD).</li> <li>• يعمل كقاعدة بيانات لتخزين معلومات المريض والاستمارات والتاريخ الطبي.</li> <li>• يسمح بالوصول إلى تاريخ العلاجات السابقة دون إمكانية التحرير.</li> <li>• يتيح وصف الأدوية مباشرة عبر التطبيق.</li> <li>• يسهل الإحالات إلى الزملاء المتخصصين مما يوفر الوقت ويقلل من أعباء المريض.</li> </ul> |

## لماذا تم إشراك الأطباء والصيدلة؟

• الصيدلة: التحقق من الأدوية الموصوفة وصرافها عبر التطبيق.  
• الأطباء: تسجيل حساسية المريض والأدوية والتاريخ الصحي.  
• المساعدة في طلبات تحاليل الدم ورفع النتائج لطبيب الأسنان.

## ما هي بعض الميزات الأخرى؟

• الواقع الافتراضي: يسمح للأشخاص المصابين بالتوحد بمحاكاة زيارات طبيب الأسنان والتفاعل مع الأدوات المستخدمة.  
• يتضمن رموز "تواصل" لتحسين التواصل (على سبيل المثال، طبيب الأسنان، فتح الفم، شطف الفم).

## كيف يمكننا تحسينه في المستقبل؟

• التوسع ليشمل الأشخاص ذوي الإعاقات الأخرى (مثل متلازمة داون والشلل الدماغي وضعف البصر).  
• تطوير تطبيق مماثل لعامة السكان.  
• إضافة ميزة التعرف على الصوت للمستخدمين ضعاف البصر.

**الجدول 1.** تصميم وفائدة التطبيق لتحسين إمكانية النفاذ إلى رعاية الأسنان للأفراد المصابين باضطراب طيف التوحد.

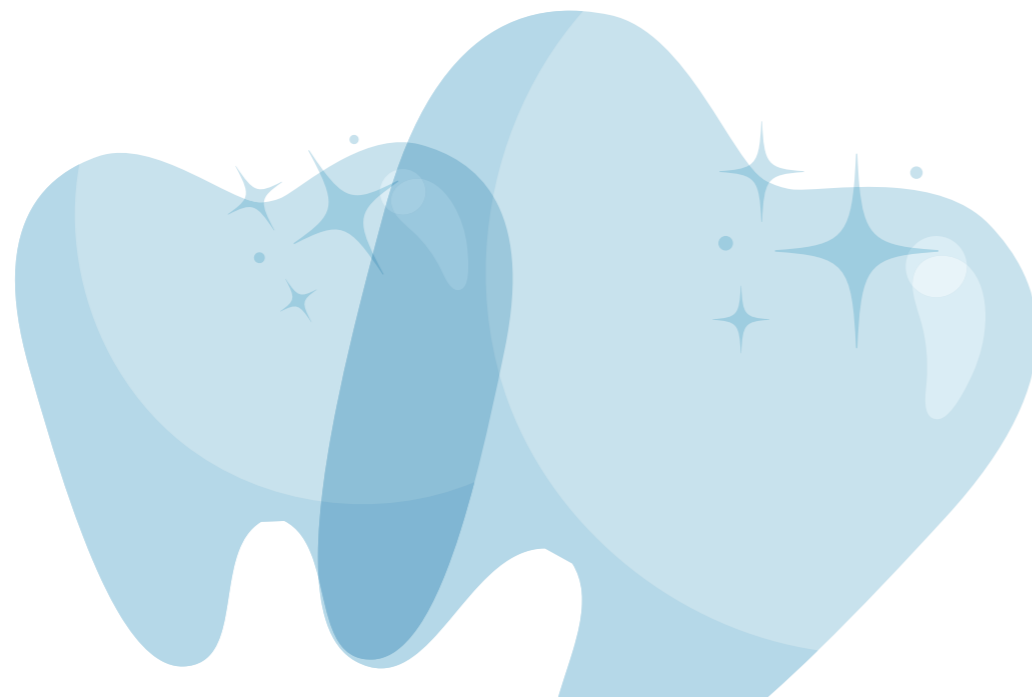
## 4. الخاتمة

لقد شرحنا في هذه الورقة العلاقة بين التوحد وصحة الفم ثم قمنا بتقديم العديد من الحلول لتجاوز الصعوبات التي يواجهها الأفراد المصابون باضطراب طيف التوحد في مجال تلقي علاج الأسنان.

وغالبًا ما يتأثر الأفراد المصابون باضطراب طيف التوحد بمضاعفات فموية التي يمكن أن تكون بسبب مشكلات تنظيم الحواس أو السلوكيات الصعبة أو الإعاقة الفكرية أو حتى بسبب الحالات المرضية المصاحبة التي تتمتع بمعدل مرتفع مع اضطراب طيف التوحد مثل اضطراب تجنب/تقييد تناول الطعام (ARFID) ومتلازمة إيلرز دانلوس (EDS).

وبحسب العديد من الدراسات المرجعية فإن عدم حصول أطباء الأسنان على تعليم وخبرة كافيين فيما يتعلق بكيفية رعاية الأشخاص ذوي الإعاقة يعني أن العديد من كليات طب الأسنان أو الكليات تفتقر إلى المناهج الدراسية لطب الأسنان الخاص.

وفي النهاية نرى أنه من المهم أن تتلاقى أفكار وآراء واقتراحات أطباء الأسنان والسلطات حول كيفية شمول الأفراد المصابين بالتوحد بالرعاية الخاصة لأنهم جزء من مجتمعنا ويستحقون الرعاية الفموية مثل أقرانهم من غير المصابين. ويجب تنفيذ هذه الأفكار مع التأكد من أنها مفيدة للأفراد المصابين باضطراب طيف التوحد.



15. Hwang, Y., Choi, J., Yoon, H., et al. (2023). Genetic and environmental risk factors in autism spectrum disorders. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(2), 893. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38385902/>
16. Chen, S., Wong, C., & Tsai, C. (2021). Integrating family-centered practices into autism intervention. *Frontiers in Psychology*, 12, 1387. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9772888/>
17. Boulton, A., Goodman, R., & Charman, T. (2020). Family experiences of autism: An exploratory study. *Child: Care, Health, and Development*, 46(5), 576–582. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5586885/>
18. Kogan, M. D., Strickland, B. B., Blumberg, S. J., et al. (2023). A national profile of the health care experiences of children with autism spectrum disorder. *Pediatrics*, 151(3), e2021053176. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36268264/>
19. Children's Hospital of Philadelphia. (2024). Intellectual disability and ASD. CHOP. Retrieved October 10, 2024, from <https://research.chop.edu/car-autism-roadmap/intellectual-disability-and-asd>



المراجع

1. American Psychiatric Association. (2024). Autism. *Psychiatry.org*. Retrieved October 10, 2024, from <https://www.psychiatry.org/Patients-Families/Autism>
2. Como, D. H., Duker, L. I., Polido, J. C., & Cermak, S. A. (2020). Oral health and autism spectrum disorders: A unique collaboration between dentistry and occupational therapy. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(22), 8442. <https://doi.org/10.3390/ijerph17228442>
3. National Institute of Mental Health. (2023). Autism spectrum disorder (ASD). NIMH. Retrieved October 10, 2024, from <https://www.nimh.nih.gov/health/topics/autism-spectrum-disorders-asd>
4. Minshew, N. J., Goldstein, G., & Siegel, D. J. (2003). Neuropsychological functioning in autism. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 44(6), 733–739. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12498067/>
5. Bauman, M. L., & Kemper, T. L. (2015). Neuroanatomic findings in autism. In *Autism: A neurological perspective*. New York: Wiley. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4453036/>
6. Sucksdorff, M., Hinkka-Yli-Salomäki, S., Lehtonen, L., et al. (2009). Early signs of autism: Results from a community cohort. *BMC Psychiatry*, 9, 3. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19552227/>
7. Ozonoff, S., Iosif, A. M., Baguio, F., et al. (2015). Onset patterns in autism: A retrospective, longitudinal study of parent-reported symptoms. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 45(7), 2052–2064. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25470557/>
8. Kanner, L. (1943). Autistic disturbances of affective contact. *Nervous Child*, 2, 217–250. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8947452/>
9. VanBergeijk, E., Suh, J., & Wainstein, N. (2020). Supporting students with autism spectrum disorder in higher education: A literature review. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 50(4), 1104–1118. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32011037/>
10. McPartland, J. C., Pelphrey, K. A., Varanasi, J., et al. (2013). The importance of individual differences in understanding the neural mechanisms of autism spectrum disorders. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, 129. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4234331/>
11. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2021). *The future of autism research: A roadmap*. Washington, DC: National Academies Press. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK519712/table/ch3.t18/>
12. Ehlers-Danlos Society. (2023). Oral and dental implications of the Ehlers-Danlos syndromes. *Ehlers-Danlos.org*. Retrieved October 10, 2024, from <https://www.ehlers-danlos.org/information/aaoral-and-dental-implications-of-the-ehlers-danlos-syndromes/>
13. Baird, G., Simonoff, E., Pickles, A., et al. (2006). Prevalence of disorders of the autism spectrum in a population cohort of children in the UK. *The Lancet*, 368(9531), 210–215. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7474948/>
14. Kraper, C., Chlebowsky, C., Wilson, A., et al. (2012). Autism spectrum disorders: Diagnostic features and co-occurring conditions. *Child and Adolescent Psychiatric Clinics of North America*, 21(1), 53–72. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23265164/>

# الكشف المبكر عن اضطراب طيف التوحد (ASD) لدى الأطفال باستخدام التعلم الآلي

أكاشا أكويل

akasha.aquil@mail.bcu.ac.uk

تامانا

tamanna.-4@mail.bcu.ac.uk

فيصل سعيد

faisal.saeed@bcu.ac.uk

كلية الحوسبة، جامعة مدينة برمنغهام، برمنغهام

B4 7XG

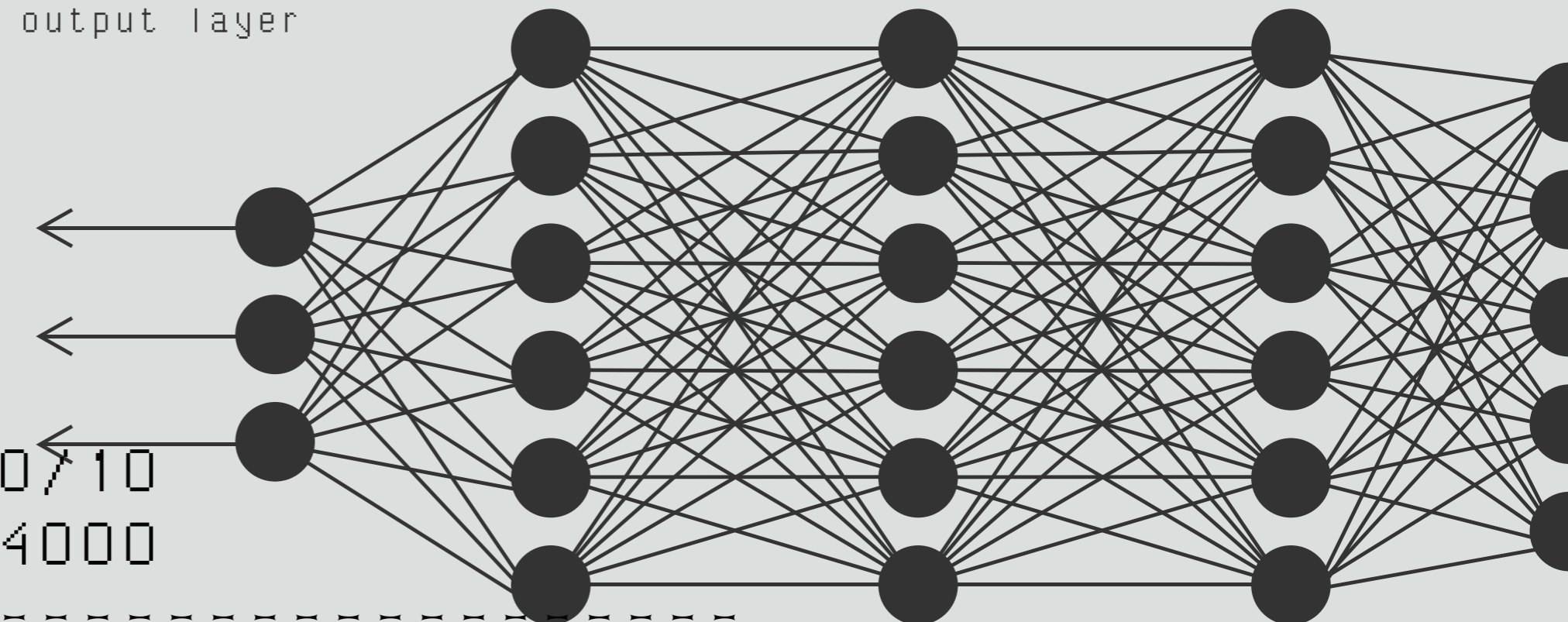
المملكة المتحدة

**الكلمات الرئيسية** - اضطراب طيف التوحد؛ التعلم الآلي؛ الذكاء الاصطناعي؛ شجرة القرار؛ الغابة العشوائية؛ الانحدار اللوجستي.

**المخلص** - يعتبر اضطراب طيف التوحد (ASD) حالة عصبية نمائية معقدة تؤثر على التو اصل والتفاعل الاجتماعي والسلوك مما يستلزم التشخيص المبكر لهذه الحالة للتدخل الفعال. ويهدف هذا البحث إلى تحسين دقة وفعالية الكشف عن اضطراب طيف التوحد عند الأطفال الصغار من خلال تطبيق نماذج التعلم الآلي باستخدام مجموعة بيانات (Q-CHAT-10). وبعد اتباع منهجية ((CRISP-DM، قمنا بإجراء تحضير شامل للبيانات وتحديد الميزات وتقييم النموذج المستخدم. كما قمنا بمقارنة أداء ثلاثة نماذج للتعلم الآلي: الانحدار اللوجستي، وشجرة القرار (Decision Tree)، والشبكة العصبية الاصطناعية (ANN). وقد أظهرت الشبكة العصبية الاصطناعية أعلى أداء حيث حققت نسبة دقة 98.5% ودرجة (F1-Score) (F1 بنسبة 98.5% تليها عن كئب نموذج شجرة القرار بدقة 98.23%. وعلى الرغم من تحقيقه نسبة الدقة الأقل فقد حافظ الانحدار اللوجستي على أداء موثوق به بدرجة F1 تبلغ 91.02%. ويسلط هذا البحث الضوء على إمكانيات أدوات ما قبل التشخيص المدعومة بالذكاء الاصطناعي لتسريع عمليات الكشف عن اضطراب طيف التوحد مما يقلل بشكل كبير من أوقات الانتظار للتقييم. وسيركز العمل المستقبلي على دمج مجموعات البيانات السريرية واستكشاف البيانات متعددة الوسائط بما في ذلك تتبع حركة العين وتحليل الفيديو السلوكي لزيادة دقة التشخيص ودعم استراتيجيات التدخل المبكر في بيئات العالم الحقيقي

hidden layer 1 hidden layer 2 hidden layer 3

output layer



Epoch 10 / 10

54000 / 54000

[ ===== ]

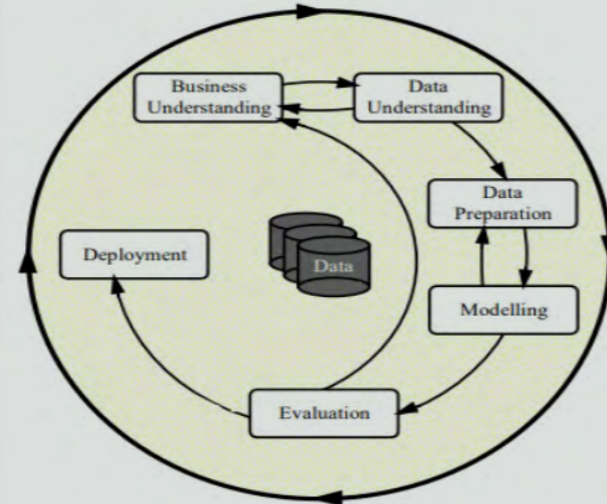
===== ] - 9s 160us/step -

DEEP NEURAL NETWORK

**1. المقدمة -** يعتبر اضطراب طيف التوحد (ASD) حالة نمائية عصبية تؤثر على كيفية إدراك الأفراد لبيئتهم والتفاعل الاجتماعي. ويتسم هذا الاضطراب بصعوبات في الاتصال والتفاعلات الاجتماعية وأنماط السلوك المتكررة [1]. وعلى الرغم من اختلاف معدلات انتشاره باختلاف الدراسات والمناطق إلا أنه من المعتقد أن 1 من كل 100 شخص على مستوى العالم تقريباً قد تأثر باضطراب طيف التوحد [2]. وفي حين أن لا تزال الأسباب الدقيقة غير واضحة تشير الأبحاث إلى مجموعة من العوامل الوراثية والبيئية التي تلعب دوراً في بدايته [3]

وقد ارتفع معدل تشخيص اضطراب طيف التوحد في المملكة المتحدة بين عامي 1998 و2018 بشكل كبير وخاصة بين البالغين والإناث. ومع ذلك لم يتحقق تقدم يذكر في زيادة التشخيص المبكر خلال مرحلة الطفولة على الرغم من الجهود المبدولة لاكتشاف الحالات قبل سن الثالثة [4]. وبعد الكشف المبكر عن اضطراب طيف التوحد أماً بالغ الأهمية حيث تظهر الدراسات أن التدخلات تكون أكثر فعالية عندما يتم تنفيذها قبل أن يبلغ الطفل الثامنة [5]. كما ثبت أن العلاج السلوكي المكثف في مرحلة الطفولة المبكرة يعزز بشكل كبير القدرات المعرفية وتطوير اللغة والمهارات الاجتماعية لدى الأطفال ذوي اضطراب طيف التوحد في سن ما قبل المدرسة [6]. ويمكن أن يصل وقت الانتظار لإجراء تقييم أولي لحالة اضطراب طيف التوحد في المملكة المتحدة إلى 14 شهراً [1]. ففي ديسمبر 2022 كان هناك حوالي 140,000 شخص ينتظرون مواعيدهم. وتعد عملية التشخيص ضرورية للأطفال كي يحصلوا على الدعم والموارد اللازمة. على سبيل المثال، يمكن أن يساعد تشخيص اضطراب طيف التوحد الأسر على فهم الاحتياجات الخاصة لأطفالهم بشكل أفضل وضمان الحصول على الدعم التعليمي المخصص مثل خطط التعليم الفردي (IEPs) والمساعدة الإضافية في المدارس [7]. وغالباً ما يتطلب التشخيص نهجاً تعاونياً يشمل تخصصات متعددة نظراً للطبيعة المعقدة والمتنوعة لاضطراب طيف التوحد. وقد تشمل هذه العملية بالنسبة للأطفال إجراء مقابلات مع الوالدين وملاحظات على السلوك والاختبارات المعرفية والتقييمات الطبية [8]. ومع ذلك فإن الأصول غير الواضحة لاضطراب طيف التوحد والإجراءات التشخيصية المطولة تجعل التشخيص الدقيق وفي الوقت المناسب أمراً صعباً. وغالباً ما تنطوي الأساليب الحالية على مراقبة مطولة وتقييمات شاملة في مختلف المجالات [9]. كما تشمل أدوات التشخيص الشائعة المقابلة التشخيصية المنقحة للتوحد (ADI-R) وجدول مراقبة تشخيص التوحد (ADOS) [10]. وتعتمد المقابلة التشخيصية المنقحة للتوحد على مقابلات شبه منظمة مع مقدمي الرعاية أو الوالدين [11] في حين يقوم جدول مراقبة تشخيص التوحد بتقييم السلوكيات من خلال أنشطة اللعب الخاصة شبه الهيكلية [12]. وللمساعدة في تقليل أوقات الانتظار لتقييم اضطراب طيف التوحد السريرية وتسهيل التشخيص المبكر للأطفال يتم استخدام أدوات الفحص قبل التشخيص بشكل متكرر لدعم عمليات الإحالة. وعادة ما تتضمن هذه الأدوات استبيانات موحدة يمكن أن يجيب عليها الآباء أو مقدمو الرعاية للأطفال أو يجريها الكبار بأنفسهم [13]. إن تعزيز عملية التشخيص أمر ضروري لضمان توفير التدخل المبكر والدعم الضروري للأفراد المصابين باضطراب طيف التوحد. ويمكن للتقييمات المبسطة أن تحسن إلى حد كبير من النتائج التنموية لذوي اضطراب طيف التوحد

**2. المواد والمنهجيات -** تم في هذه الورقة البحثية استخدام منهجية العملية المعيارية متعددة القطاعات لاستخراج البيانات (CRISP-DM) لتقييم دقة الكشف المبكر عن اضطراب طيف التوحد باستخدام تقنيات مختلفة للتعلم الآلي



**الشكل 1.** مراحل العملية المعيارية متعددة القطاعات لاستخراج البيانات [14]

**2.1. فهم البيانات -** تم أخذ البيانات من (Kaggle) وتسمى باسم "بيانات فحص اضطراب طيف التوحد للأطفال الصغار". وتقدم (Kaggle) مجموعة بيانات جديدة تركز على فحص التوحد عند الأطفال الصغار وهي تتضمن الميزات الرئيسية التي يمكن الاستفادة منها في التحليل المتقدم لا سيما في تحديد سمات التوحد وتعزيز تصنيف حالات اضطراب طيف التوحد. وتلتقط مجموعة البيانات هذه عشرة مؤشرات سلوكية (Q-Chat-10) إلى جانب الخصائص الفردية الإضافية التي ثبت أنها تميز بشكل فعال حالات اضطراب طيف التوحد عن الضوابط في دراسات العلوم السلوكية. إن مجموعة البيانات هي تنبؤية ووصفية بطبيعتها وتحتوي على أنواع بيانات اسمية/فئوية وثنائية ومستمرة مما يجعلها مناسبة لمهام التصنيف بالإضافة إلى التجميع أو تحليل الارتباط أو تقييم الميزات. وهي تنتمي لمجال العلوم الطبية والصحية والاجتماعية وتتكون من 1,054 حالة مع 18 سمة بما في ذلك متغير الفئة ولا تحتوي على أي قيم مفقودة. وتتضمن السمات عشرة عناصر سلوكية من استبيان (Q-Chat-10) (A1-A10) حيث تم تعيين الاستجابات إلى قيم ثنائية ("1" أو "0"). وبالنسبة للأسئلة من A1 إلى A9 فقد تم تعيين إجابات "أحياناً" أو "نادراً" أو "أبداً" بالقيمة "1" بينما بالنسبة للسؤال A10 فقد تم تعيين إجابات "دائماً" أو "عادةً" أو "أحياناً" "1". وإذا تجاوزت النتيجة الإجمالية لجميع الأسئلة العشرة 3 فسيتم تشخيص الفرد على أنه من المحتمل أن

يظهر سمات اضطراب طيف التوحد وبخلاف ذلك لم يتم تحديد أي سمات لاضطراب طيف التوحد. كما تم جمع الميزات الإضافية في مجموعة البيانات من خلال شاشة "إرسال" في تطبيق اختبارات اضطراب طيف التوحد مع تعيين متغير الفئة تلقائياً بناءً على درجة المستخدم أثناء عملية الفحص. [15]

**2.2. تحليل البيانات التوضيحية -** تم إجراء تحليل البيانات التوضيحية (EDA) على مجموعة البيانات لاستكشاف السمات والأنماط الرئيسية المرتبطة باضطراب طيف التوحد (ASD) لدى الأطفال الصغار. وتشير النتائج إلى أن ما يقرب من 69.1% من الأطفال الصغار في جميع أنحاء العالم يعانون من اضطراب طيف التوحد. ولوحظ أكبر عدد من حالات اضطراب طيف التوحد بين الأوروبيين البيض يليهم الآسيويون في حين أظهرت المجموعات العرقية الهندية الأصلية وجماعات المحيط الهادئ قابلية أعلى للإصابة باضطراب طيف التوحد. كما تبين أن الذكور أكثر عرضة للإصابة باضطراب طيف التوحد مقارنة بالإناث. بالإضافة إلى ذلك فإن الأطفال الصغار الذين يعانون من اليرقان هم أكثر عرضة للإصابة باضطراب طيف التوحد من أقرانهم. ومن المثير للاهتمام أن غالبية الأطفال المصابين باضطراب طيف التوحد ليس لديهم أفراد من العائلة يعانون من هذه الحالة مما يشير إلى أن اضطراب طيف التوحد قد لا يكون وراثياً في الغالب. ويتم إجراء اختبارات معظم حالات اضطراب طيف التوحد من قبل أفراد الأسرة. ويظهر الأطفال الصغار في الفئة العمرية 36 شهراً أكبر عدد من تشخيصات اضطراب طيف التوحد. كما يكون احتمال الإصابة باضطراب طيف التوحد أكبر عند عمر عامين ويكون الأطفال الصغار الذين حصلوا على درجة (Q-Chat-10) أعلى من 3 أكثر عرضة لتشخيص اضطراب طيف التوحد. علاوة على ذلك فإن معظم الأطفال الصغار المصابين بالتوحد لا يتفاعلون عاطفياً عندما ينزعج أحباؤهم مما يسلط الضوء على النقص الشائع في الاستجابة العاطفية بين هؤلاء الأطفال. وبهدف تصور هذه النتائج فقد تم إنشاء العديد من الرسوم البيانية والمخططات لتوضيح هذه الاتجاهات والأفكار بشكل أفضل

**2.3. إعداد البيانات -** لم تكن هناك قيم مفقودة للميزات المحددة في مجموعة بيانات "الأطفال الصغار" مما يسمح باستخدام جميع العينات البالغ عددها 1054 في التدريب. ومع ذلك فإن كل من مجموعات بيانات الأطفال والمراهقين والبالغين تحتوي على قيم مفقودة تم تمثيلها بـ "؟" أو قيم تقع خارج النطاق المتوقع. وقد تم استبعاد 4 سجلات في مجموعة بيانات الأطفال والمراهقين بسبب عدم وجود قيم عمرية بينما تمت إزالة 46 سجلًا إضافيًا نظرًا لأنه تم وضع علامة "؟" على حقول "العلاقة" و"العرق" و" بلد الإقامة" فيها مما يشير إلى إما أنها غير مكتملة البيانات أو وجود أخطاء محتملة في عملية تعبئة النموذج. وعلى الرغم من عدم تضمين هذه الحقول في النموذج إلا أن الفجوات الكبيرة في البيانات تشير إلى أن هذه السجلات قد تكون غير صالحة للاستخدام. كما تم إزالة سجلين في مجموعة بيانات البالغين بسبب فقدان القيم العمرية وتم استبعاد سجل واحد ذكر فيه عمر "383" باعتباره قيمة متطرفة. علاوة على ذلك تم استبعاد 93 سجلًا بسبب عدم اكتمال حقول "العلاقة" و"العرق" و" بلد الإقامة" مما أثار مخاوف بشأن صحة البيانات. وتتألف مجموعة بيانات الأطفال والمراهقون من 346 سجلًا بينما تحتوي مجموعة بيانات البالغين على 608 سجلًا. وبهدف توحيد البيانات تمت تسوية سمة العمر باستخدام (MinMaxScaler) مما أدى إلى قياس القيمة بين 0 و1. وبما أن جميع الميزات الأخرى كانت ثنائية فقد منع هذا التطبيق قيمة العمر من تشويه النموذج. وتم تقييم النماذج مع وبدون خطوة التطبيق هذه لتقييم تأثيرها على الأداء

**2.4. اختيار الميزة -** تضمنت مجموعة البيانات الأولية 18 متغيرًا تم اختيار 15 منها لتدريب النموذج. وتم استبعاد المتغير "من أكمل الاختبار" لعدم ارتباطه بالنتيجة. وبعد توصية [15] تمت إزالة درجة (QCHAT-10) أيضًا نظرًا لاستخدامها لتعيين مسمى الفئة مما قد يؤدي إلى الإفراط في التجهيز. بالإضافة إلى ذلك تم حذف متغير "العرق" بسبب عدم توازنه في مجموعة البيانات مما قد يؤدي إلى تحيزات غير مقصودة. وتضمنت الميزات المتبقية المختارة للتدريب جميع عناصر (Q-CHAT) العشرة بالإضافة إلى "العمر" و"الجنس" و"البرقان" و"يوجد فرد من العائلة مصاب باضطراب طيف التوحد". وكان المتغير الهدف هو متغير "الفئة". وبغرض إعداد البيانات للتدريب تم ترميز متغيرات "الجنس" و"البرقان" و"يوجد فرد من العائلة مصاب باضطراب طيف التوحد" و"الفئة" في أعداد صحيحة ثنائية باستخدام وظيفة "مشفر التسميات" (Label Encoder). وبالنسبة لمجموعات بيانات الأطفال والمراهقين والبالغين التي تم تنظيمها بشكل مماثل مع 20 ميزة فقد تم اختيار 13 منها للتدريب. وكما هو الحال في مجموعة بيانات الأطفال الصغار فقد تمت إزالة الميزات "العرق" و"بلد الإقامة"

و"العلاقة". وتم استبعاد ميزة "وصف العمر" لأنها كانت متطابقة عبر مجموعات البيانات (على سبيل المثال، "11-4" سنة" في مجموعة بيانات الأطفال). كما تم أيضًا تجاهل خاصيتي "النتيجة" و"التوحد" حيث تم استخدامهما لإنشاء متغير "الفئة". وتم تحويل متغيرات "الجنس" و"البرقان" و"الفئة" إلى أعداد صحيحة ثنائية باستخدام أداة تشفير التسميات لتحقيق الاتساق في تدريب النموذج

**2.5. النمذجة -** تم استخدام ثلاثة نماذج للتنبؤ بدقة مجموعة بيانات اضطراب طيف التوحد: الانحدار اللوجستي وشجرة القرار (DT) والشبكة العصبية الاصطناعية (ANN). وقد تم تنفيذ النظام على (Google Colab 5) وهي بيئة تدوين الملاحظات (Jupyter) السحابية التي توفر الوصول إلى الموارد الحاسوبية بما في ذلك وحدات معالجة الرسومات. كما يسمح (Colab) بالتعاون السهل مما يجعله مفيديًا للمشاريع البحثية

**2.6. التقييم -** يعد تقييم النموذج مرحلة حاسمة في التعلم القائم على الذكاء الاصطناعي مع التركيز على تقييم مدى جودة أداء النماذج المدربة. حيث تضمن هذه الخطوة تعميم النموذج بشكل فعال على البيانات الجديدة وتوجيه القرارات المتعلقة بالاستخدام وإجراء مزيد من التحسينات. وتساهم المقاييس والتقنيات التالية في إجراء تقييم شامل

تقيس الدقة الأداء العام للنموذج من خلال إظهار عدد المرات التي يصنف فيها النتائج أو يتنبأ بها بشكل صحيح

**Accuracy = TP + TN / TP + TN + FP + FN** الدقة وتقيس الدقة (Precision) مدى دقة التنبؤات الإيجابية حيث تشير الدقة الأعلى إلى تصنيفات إيجابية أكثر صحة

**Precision = TP/ TP + FP** الدقة

يقوم الاستدعاء بتقييم قدرة النموذج على اكتشاف الحالات الإيجابية الحقيقية. ويعني الاستدعاء الأعلى أن النموذج يحدد بشكل فعال الحالات الإيجابية الفعلية

**Recall = TP/ TP + FN** "التذكر"

تجمع درجة F1 بين الدقة والتذكر في مقياس واحد عن طريق حساب متوسطهما التوافقي مما يوفر تقييمًا متوازنًا لكليهما

درجة (2) = F1 × الدقة × التذكر / (الدقة + التذكر)

**F1- Score = (precision × recall) / (precision + recall)**

### 3. النتائج والمناقشة

**3.1 الانحدار اللوجستي -** يتم هنا تقييم نموذج الانحدار اللوجستي باستخدام بيانات التدريب والاختبار المحددة مسبقًا. وقد تم تكوين نموذج الانحدار اللوجستي باستخدام (max\_iter=1000) لضمان التقارب أثناء عملية التحسين و(random\_state=42) لقابلية التكرار. كما يتم تدريب النموذج على بيانات التدريب المتدرجة ويتم إجراء التنبؤات على مجموعة الاختبار. ويتم تقييم أداء النموذج باستخدام المقاييس الرئيسية بما في ذلك الدقة والتذكر ودرجة F1. كما يتم تنظيم هذه المقاييس في إطار بيانات (DataFrame) للمقارنة مع النماذج الأخرى. وبالإضافة إلى ذلك يتم تحليل سلوك التعلم للنموذج باستخدام منحنى التعلم. كما تقوم وظيفة منحنى التعلم (Learning\_curve) من (scikit-Learn) بحساب دقة التدريب والتحقق من الصحة في مختلف أحجام مجموعات التدريب باستخدام التحقق المتبادل. وقد حقق النموذج دقة قدرها 90.4% وضبط (precision) 91.49% ودرجة تذكر أو استدعاء 90.56% ودرجة F1 91.02%.

**3.2 الشبكات العصبية الاصطناعية -** تم تصميم نموذج الشبكة العصبية الاصطناعية (ANN) المطبق في هذا الكود للتصنيف الثنائي ببنية تتكون من طبقة مدخلات وطبقة مخفية واحدة وطبقة مخرجات. تحتوي طبقة المدخلات على 64 خلية عصبية وتستخدم الطبقة المخفية وظيفة تنشيط (ReLU) لإدخال اللاخطية. تستخدم طبقة المخرجات وظيفة (التفعيل) التنشيط السيني (Sigmoid activation) للتنبؤ باحتمالات النتائج الثنائية. وقد تم تجميع النموذج باستخدام مُحسّن (Adam) ودالة فقدان الإنتروبيا الثنائية المتقاطعة والدقة كمقياس للتقييم. وبهدف منع الإفراط في التجهيز يتم استخدام خاصية (EarlyStopping) ومراقبة فاقد التحقق من الصحة وإيقاف التدريب مبكرًا إذا وصل أداء النموذج إلى أكثر من 10 فترات تحقق كاملة. وتستخدم عملية التدريب حجم دفعات يبلغ 20 بحد أقصى و100 فترة تحقق كاملة وتقسيم التحقق من الصحة بنسبة 20% لتقييم أداء النموذج على البيانات غير المرئية. وقد حقق النموذج دقة قدرها 98.5% وضبط (precision) 98.72% ودرجة استدعاء أو تذكر 98.46% ودرجة F1 98.05%.

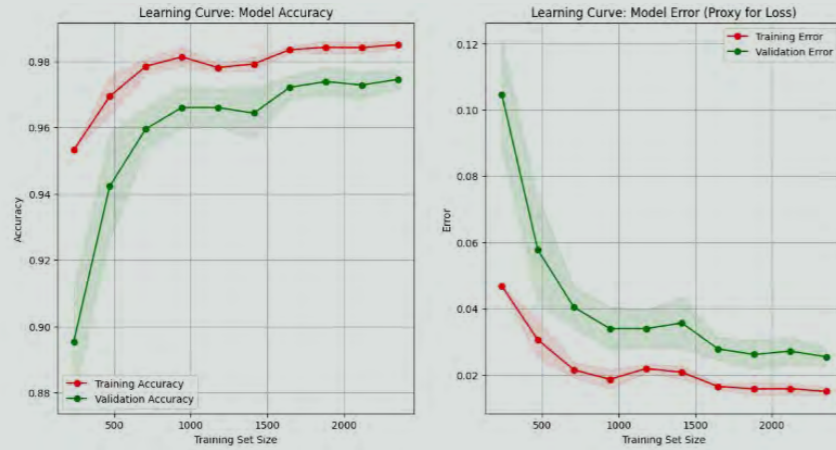
**3.3 شجرة القرار -** يتم هنا تقييم مصنف شجرة القرار باستخدام بيانات التدريب والاختبار المحددة مسبقًا. وقد تم تحسين نموذج شجرة القرار باستخدام معلمات تشعبية محددة مثل (criterion='entropy', min\_samples\_ split=10, min\_samples\_leaf=5) لتحسين عملية التعميم والتقليل من الإفراط في التجهيز. ويتم بعد التدريب إجراء التنبؤات على بيانات الاختبار وتقييم أداء النموذج باستخدام مقاييس مثل الدقة والضبط والاستدعاء "التذكر" ودرجة F1.

ويتم تنظيم هذه المقاييس في إطار بيانات (DataFrame) للمقارنة مع النماذج الأخرى. كما يتم إجراء تحليل منحنى التعلم لتصور سلوك التعلم للنموذج. ويتم استخدام وظيفة منحنى التعلم من (scikit-Learn) لحساب دقة التدريب والتحقق لأحجام مختلفة من مجموعات التدريب. ثم يتم رسم المتوسطات والانحرافات المعيارية عبر طيات التحقق المتبادل لتحليل كيفية تعميم النموذج مع تقديم المزيد من البيانات. وقد حقق النموذج دقة قدرها 98.23% وضبط (precision) 97% ودرجة استدعاء أو تذكر 99% ودرجة F1 98%

### 3.4 مقارنة النتائج

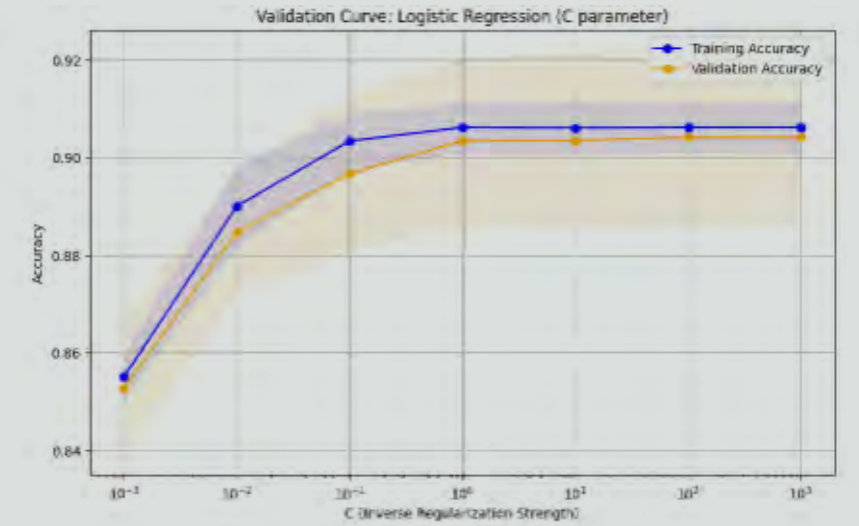
| النموذج                   | الدقة  | الضبط  | الاستدعاء | F1-Score |
|---------------------------|--------|--------|-----------|----------|
| شجرة القرار               | 98.23% | 97%    | 99%       | 98%      |
| الشبكة العصبية الاصطناعية | 98.5%  | 98.72% | 98.46%    | 98.5%    |
| الانحدار اللوجستي         | 90.4%  | 91.49% | 90.56%    | 91.02%   |
|                           | ٪٩٠,٤  | ٪٩١,٤٩ | ٪٩٠,٥٦    | ٪٩١,٠٢   |

### الجدول 1. نتائج النموذج



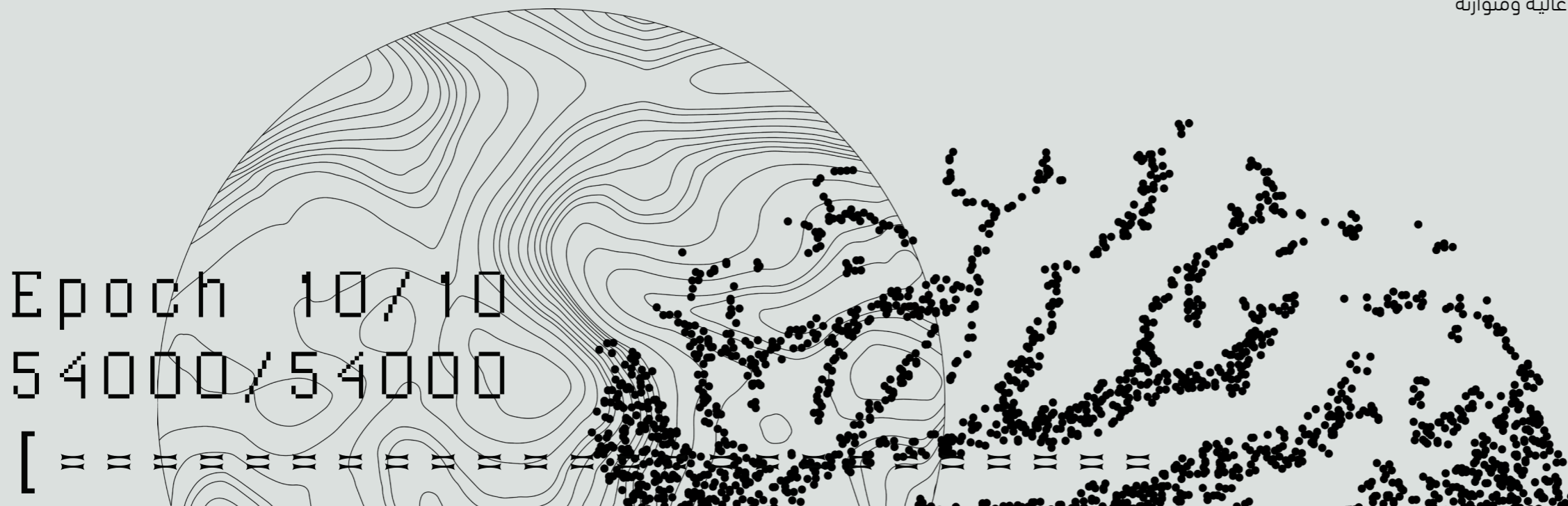
الشكل 3. منحني التعلم لشجرة القرار

توضح منحنيات التعلم كيفية تطور دقة النموذج والخطأ فيه مع زيادة حجم مجموعة بيانات التدريب. ففي الرسم البياني للدقة تبدأ دقة التدريب بحيث تكون عالية جدًا عندما تكون مجموعة البيانات صغيرة لأن النموذج يحفظ البيانات. ومع ذلك تكون دقة التحقق أقل بكثير في هذه المرحلة بسبب سوء التعميم. ومع إضافة المزيد من البيانات تنخفض دقة التدريب قليلاً بينما تتحسن دقة التحقق باستمرار مع تقارب كلا المنحنيين واستقرارهما مع نمو مجموعة التدريب مما يشير إلى نموذج معمم بشكل جيد. وقد لوحظ العكس في الرسم البياني للأخطاء: حيث يكون خطأ التدريب منخفضاً جداً في البداية بالنسبة لمجموعات البيانات الصغيرة ولكنه يزداد مع انتقال النموذج من الحفظ إلى التعميم. ويبدأ خطأ التحقق من الصحة مرتفعاً ولكنه يتناقص بشكل ملحوظ مع نمو مجموعة البيانات ويتقارب في النهاية مع خطأ التدريب عند مستوى منخفض. ويوضح هذا الأمر أن النموذج يعمل بشكل جيد على كل من البيانات المرئية وغير المرئية مما يحقق توازناً جيداً بين التمييز والتنوع



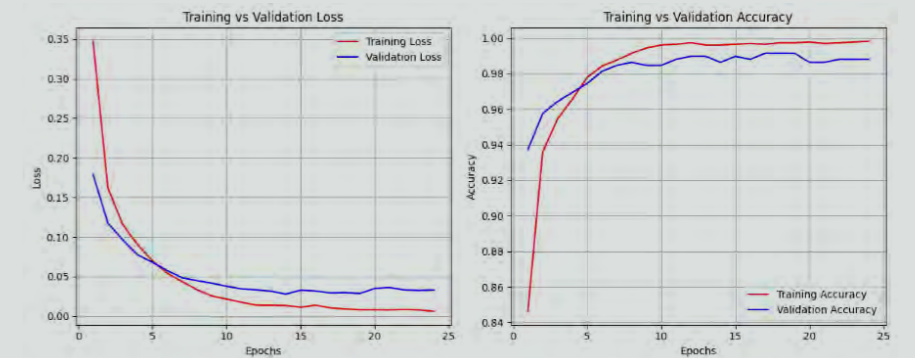
الشكل 2. منحني التحقق من الانحدار اللوجستي

يمثل الرسم البياني منحني التحقق من صحة الانحدار اللوجستي مما يوضح تأثير المعلمة C (قوة التنظيم "التضييق" العكسي) على دقة النموذج لكل من مجموعات بيانات التدريب والتحقق من الصحة. وتشير القيم الأصغر لـ C على المحور السيني إلى تنظيم "تضييق" أقوى مما يبسط النموذج بينما تقلل القيم الأكبر من مدى التنظيم "التضييق" مما يسمح للنموذج باكتشاف أنماط أكثر تعقيداً. أما مع قيم C المنخفضة فتكون دقة التدريب والتحقق منخفضة بسبب نقص التجهيز حيث أن التنظيم المفرط يمنع النموذج من التعلم بفعالية. ومع زيادة C إلى نطاق معتدل يحقق النموذج توازناً جيداً مع تحسين وتقارب دقة التدريب والتحقق من الصحة مما يؤشر على قابلية التعميم. ومع ذلك فإنه مع قيم C العالية جداً تستمر دقة التدريب في الارتفاع لكن دقة التحقق من الصحة تنخفض مما يشير إلى الإفراط في التجهيز حيث يلتقط النموذج الضوضاء في بيانات التدريب ويفشل في التعميم. وتمثل المناطق المظلمة التباين عبر طيات التحقق المتبادل. كما يوضح الرسم البياني أن قيمة C المثالية تقع في النطاق المتوسط حيث يحقق النموذج دقة عالية ومتوازنة في مجموعتي البيانات



المراجع

9. Thabtah, F., & Peebles, D. (2019). Early autism screening: a comprehensive review. *International journal of environmental research and public health*, 16(18), 3502.
10. Evans, P., Golla, S., & Morris, M. A. (2015). Autism spectrum disorders: Clinical considerations. In *Rosenberg's Molecular and Genetic Basis of Neurological and Psychiatric Disease* (pp. 197-207). Academic Press.
11. Sophy Kim, S. H., Bal, V. H., & Lord, C. (2021). Autism Diagnostic Interview-Revised. In *Encyclopedia of Autism Spectrum Disorders* (pp. 470-475). Cham: Springer International Publishing.
12. Maddox, B. B. (2021). Accuracy of the ADOS-2 in Identifying Autism Among Adults with Complex Psychiatric Conditions, The. In *Encyclopedia of Autism Spectrum Disorders* (pp. 42-43). Cham: Springer International Publishing.
13. Elder, J. H., Kreider, C. M., Brasher, S. N., & Ansell, M. (2017). Clinical impact of early diagnosis of autism on the prognosis and parent-child relationships. *Psychology research and behavior management*, 283-292.
14. Wirth, R., & Hipp, J. (2000, April). CRISP-DM: Towards a standard process model for data mining. In *Proceedings of the 4th international conference on the practical applications of knowledge discovery and data mining* (Vol. 1, pp. 29-39).
15. Thabtah, F. (2017, May). Autism spectrum disorder screening: machine learning adaptation and DSM-5 fulfillment. In *Proceedings of the 1st International Conference on Medical and health Informatics 2017* (pp. 1-6).
1. National Autistic Society (2023) Advice and Guidance: What is Autism? Available at: <https://autism.org.uk> [Accessed 28/11/2024]
2. Zeidan, J., Fombonne, E., Scolah, J., Ibrahim, A., Durkin, M. S., Saxena, S., ... & Elsabbagh, M. (2022). Global prevalence of autism: A systematic review update. *Autism research*, 15(5), 778-790.
3. Spilsbury, R. (2018). Autism. The Rosen Publishing Group, Inc.
4. Russell, G., Stapley, S., Newlove-Delgado, T., Salmon, A., White, R., Warren, F., ... & Ford, T. (2022). Time trends in autism diagnosis over 20 years: a UK population-based cohort study. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 63(6), 674-682.
5. Baraka, K., Melo, F. S., & Veloso, M. (2017). Simulating behaviors of children with autism spectrum disorders through reversal of the autism diagnosis process. In *Progress in Artificial Intelligence: 18th EPIA Conference on Artificial Intelligence, EPIA 2017, Porto, Portugal, September 5-8, 2017, Proceedings 18* (pp. 753-765). Springer International Publishing.
6. Remington, B., Hastings, R. P., Kovshoff, H., degli Espinosa, F., Jahr, E., Brown, T., ... & Ward, N. (2007). Early intensive behavioral intervention: Outcomes for children with autism and their parents after two years. *American Journal on Mental Retardation*, 112(6), 418-438.
7. NHS (2023) Advice About School If Your Child is Autistic. Available at: <https://www.nhs.uk/conditions/autism/autism-and-everyday-life/school/> [Accessed 28/11/24]
8. Lai, M. C., Lombardo, M. V., & Baron-Cohen, S. (2014). Search strategy and selection criteria. *Lancet*, 383, 896-910.



الشكل 4. منحنى التحقق من صحة الشبكة العصبية الاصطناعية

توضح الرسوم البيانية سلوك التعلم لنموذج الشبكة العصبية الاصطناعية (ANN) على مدى 25 فترة تحقق كاملة. ويُظهر المخطط الأيسر فاقد التدريب والتحقق من الصحة حيث يتناقص كلا المنحنيين بشكل مستمر خلال فترات التحقق المبكرة أثناء تطور تعلم النموذج. وينخفض فاقد التدريب (الأحمر) بسرعة ويتبع فاقد التحقق (الأزرق) اتجاهًا مشابهًا ويستقر في النهاية عند قيمة منخفضة. ويشير هذا الأمر إلى أن النموذج ليس مفرط التجهيز أو ناقص التجهيز مما يحقق درجة تعميم جيدة. وتجسد الحبكة الصحيحة دقة التدريب والتحقق من الصحة. وترتفع دقة التدريب (الأحمر) بسرعة وتقترب من 100%، في حين أن دقة التحقق (الأزرق) تزيد أيضًا وتستقر عند مستوى أقل قليلًا من دقة التدريب. وتشير الفجوة الصغيرة بين المنحنيين إلى أن النموذج يعمم بشكل جيد على البيانات غير المرئية دون الإفراط في التجهيز

**4. الخاتمة والتوجهات المستقبلية -** لقد كان الهدف الأساسي لهذا المشروع هو الاستفادة من الذكاء الاصطناعي لإنشاء نهج فعال وشفاف لاكتشاف اضطراب طيف التوحد بهدف المساعدة في تقليل أوقات الانتظار للتشخيص. وقد أظهرت أساليب التعلم الآلي المطبقة أداة جيدًا للكشف المبكر عن اضطراب طيف التوحد. حيث حققت الشبكة العصبية الاصطناعية (ANN) أعلى أداء إجمالي بدرجة F1 بلغت 98.5% في حين أظهر نموذج شجرة القرار أيضًا نتائج ممتازة. وعلى الرغم من أن نموذج الانحدار اللوجستي كان أقل فعالية من النموذجين الآخرين إلا أنه لا يزال يعمل بشكل موثوق مع درجة F1 تبلغ 91.02%. وينبغي أن تركز الخطوات التالية على تدريب النماذج باستخدام مجموعة بيانات متعددة الوسائط والتصنيفات السريرية والتعاون مع المتخصصين في الرعاية الصحية لمزيد من التطوير. كما أنه وبهدف تحسين الدقة يجب أن تركز الأبحاث المستقبلية على تطوير مجموعة بيانات تعتمد على الأفراد الذين خضعوا لتقييمات سريرية وتم تشخيصهم وفقًا لذلك. بالإضافة إلى ذلك فإنه يمكن للجمع بين أنواع مختلفة من البيانات مثل مقاطع الفيديو ومعلومات تتبع حركة العين أن يزيد من دقة عمل النموذج. وقد يكون التحسين المحتمل هو تطوير نماذج تتضمن بيانات متعددة الوسائط يمكنها أن تعزز الموضوعية وتقلل من التحيزات التي غالبًا ما تظهر في عملية اكتشاف وتشخيص اضطراب طيف التوحد

# نظام ترجمة لغة الإشارة العربية الجزائرية باستخدام تكنولوجيا الشخصية الافتراضية ثلاثية الأبعاد

## أمين مامي

قسم الرياضيات وعلوم الكمبيوتر،  
جامعة يحيى فارس، المدية، 26000، الجزائر  
mamiaminepro@gmail.com

## محمد الفارس سليمان

قسم الرياضيات وعلوم الكمبيوتر،  
جامعة يحيى فارس، المدية، 26000، الجزائر  
faesslimani0@gmail.com

## طه زروقي

قسم علوم الكمبيوتر،  
جامعة البويرة، 10000 البويرة، الجزائر  
t.zerrouki@univ-bouira.dz

## رضا مزاري

قسم الرياضيات وعلوم الكمبيوتر،  
جامعة يحيى فارس، المدية، 26000، الجزائر  
redha\_maz@hotmail.com



**SmartSight** is an advanced wearable device designed to assist visually impaired individuals in navigation and environmental awareness by integrating AI-powered obstacle detection, text recognition and real-time feedback.

Featuring a refined and ergonomic headset design, it provides intuitive interaction through dual-input mechanisms of touch and voice, tailored for diverse user needs and environments.

Key features include a 13MP camera, LiDAR sensors, a custom capacitive touch system, and a CNN-powered vision framework, enabling real-time object and text detection with remarkable accuracy and responsiveness.

Recognized for its potential impact, [SmartSight won the Mada Innovation Awards in 2023 and received support under the Mada Innovation Program's Direct Grant Stream in 2024](#).

This backing facilitated its development into a compact, user-friendly solution, enhancing independence and quality of life for visually impaired individuals through cutting-edge technology and thoughtful design.





## 1. المقدمة

**الملخص:** يركز هذا العمل على إنشاء أدوات لمساعدة الأشخاص الصم على تعلم لغة الإشارة العربية الجزائرية (ALS) وتحديدًا نظام ترجمة آلي عبر شخصية افتراضية ثلاثية الأبعاد لتمثيل الإشارة بدقة وديناميكية. ويقوم هذا النظام بترميز إشارات لغة الإشارة الجزائرية باستخدام طريقة نظام التدوين (NSM) التي تعتمد بشكل أساسي على نظام تدوين هامبورغ (HamNoSys).

وسيتم استعراض تحليل سطحي لمدى التعقيد اللغوي للغة الإشارة الجزائرية بالإضافة إلى العقبات الكامنة أمام تطوير الحلول التكنولوجية لتسهيل توفير الترجمة المناسبة لها. وبهدف ضمان الدقة فقد تم العمل مع خبراء ترجمة لغة الإشارة الجزائرية في كل مستوى من العمل. وحقق معجم النظام المكون من 417 كلمة معدل دقة معتمد بنسبة 75.53%. وتمثل هذه النتائج خطوة كبيرة إلى الأمام في محاكاة لغة الإشارة القائمة على الشخصية الافتراضية ثلاثية الأبعاد مع توفر فرص لمزيد من التحسين والتطوير.

لقد خلق صعود التكنولوجيا الرقمية فرصًا غير مسبوقة لإزالة عوائق التواصل وتعزيز الشمولية وإمكانية النفاذ. ويتبرر سد فجوة التواصل مع مجتمع الصم مجالًا بالغ الأهمية حيث تتمتع التكنولوجيا فيه بالقدرة على إحداث تغيير كبير. وتعد لغات الإشارة وهي لغات بصرية يتم تأديتها من خلال إيماءات اليد وحركات الجسم وتعابير الوجه جزء لا يتجزأ من الحياة اليومية لملايين الصم على مستوى العالم. ومع ذلك فإنه يمكن أن تعيق الاختلافات بين لغات الإشارة إلى جانب نقص الفهم الشامل لها التواصل الفعال بين مستخدمي لغة الإشارة والأفراد غير الملمين بهذه اللغات.

وتشرح هذه الدراسة كيفية إنشاء نظام ترجمة آلي مخصص للغة الإشارة العربية الجزائرية (ALS) باستخدام تكنولوجيا الشخصية الافتراضية ثلاثية الأبعاد. ويسعى المشروع إلى معالجة أوجه القصور في التواصل لمستخدمي لغة الإشارة العربية الجزائرية من خلال توفير حل قائم على شخصية افتراضية ثلاثية الأبعاد تجسد بشكل ديناميكي ودقيق إشارات لغة الإشارة العربية الجزائرية باستخدام هندسة الأنظمة المتطورة وتقنيات الويب. وتقدم تقنية الترجمة الديناميكية تجربة مستخدم مرضية وتضمن تجسيدا مرئيًا دقيقًا للغة الإشارة العربية الجزائرية مما يحسن إمكانية النفاذ لكل المستخدمين الصم وغير الصم.

**الكلمات الرئيسية:** لغة الإشارة العربية الجزائرية، شخصية افتراضية ثلاثية الأبعاد، نظام تدوين هامبورغ، مجتمع الصم، نظام الترجمة.

## 2. الخلفية

تم الاعتراف بلغة الإشارة رسميًا كلغة رئيسية للصم في الجزائر كما نص علي ذلك القانون الصادر في 8 مايو 2002. وقد اشتقت لغة الإشارة الجزائرية (ALS) من لغة الإشارة الفرنسية (Langue des Signes Française, LSF). ويسلط تاريخ لغة الإشارة الجزائرية وتطورها الضوء على اختلافاتها الإقليمية وافتقارها إلى التوحيد. إن عدم تجانس هذه اللغة يميزها عن غيرها ويستحق المزيد من الدراسة لفهم الاختلافات الإقليمية وتأثيرها على اللغة بشكل عام.

وتتضمن بعض اختلافات لغة الإشارة الجزائرية: لغة الإشارة الجزائرية في الأغواط والتي يستخدمها العديد من الصم في المحافظة والمناطق المجاورة بما في ذلك المدن والقرى المختلفة [13]. وتستخدم لغة الإشارة الجزائرية في وهران على نطاق واسع من قبل مجتمع الصم في شمال الجزائر وخاصة في وهران [11]. كما أن مجتمع الصم في أدرار الواقعة في جنوب الجزائر يستخدم لغة الإشارة الجزائرية [15]. وقد أنتجت المؤسسة الوطنية للاتصال الإعلامي في الجزائر أول قاموس للغة الإشارة الجزائرية في عام 2017 [17]. ويتضمن القاموس صورًا لمفردات لغة الإشارة مصحوبة بتعليقات توضيحية باللغتين العربية والفرنسية. ويفتقر هذا القاموس إلى قواعد النحو والعبارة البنوية فهو يستخدم بدلًا من ذلك قواعد اللغة العربية وبنيتها للتعبير عن المعنى بلغة الإشارة [17].

يتم استخدام الشخصية الافتراضية ثلاثية الأبعاد بشكل متزايد لتلبية الاحتياجات التعليمية للطلاب الصم وضعاف السمع الذين غالبًا ما يعانون من الأمية اللغوية المنطوقة [5]. وتعد لغات الإشارة ضرورية لتواصلهم وتمكين التفاعل داخل مجتمعاتهم ومع الآخرين [23]. وبهدف دعم التكامل الاجتماعي تم تطوير أنظمة تفسير لغة الإشارة لتحويل النص والكلام إلى لغة إشارة من خلال الشخصية الافتراضية ثلاثية الأبعاد مما يسهل التعليم وإمكانية النفاذ والبحث [25]. وتساعد هذه الأنظمة أيضًا في توثيق لغات الإشارة والحفاظ عليها للأجيال القادمة [23].

إن الشخصية الافتراضية ثلاثية الأبعاد هي نتيجة إعادة إنشاء ثلاثية الأبعاد لشخصية حقيقية أو متخيلة في العالم الرقمي. ويمكن للفنان إنشاء هذا النوع من الشخصيات التي يتم إنشاؤها كلياً بواسطة الكمبيوتر أو تكرارها كنموذج ممسوح ضوئيًا لشخصية ما. وتتكون الشخصية الافتراضية ثلاثية الأبعاد عادةً من شبكة هندسية في وضع محايد مع أنسجة وآلية تركيب الجلد لمحاكاة الحركة الواقعية. وتضيف العناصر الأساسية مثل المواد والنسيج والإكسسوارات (الملابس والشعر) الواقعية لهذه الشخصية.

لقد مكنت التطورات الأخيرة في التقنية ثلاثية الأبعاد من إنشاء شخصيات افتراضية ثلاثية الأبعاد لها تطبيقات في مختلف المجالات مثل الألعاب والبيئات الافتراضية والأزياء والرعاية الصحية والجيش. ويمكن تخصيص هذه الشخصيات لتناسب الاحتياجات الفردية من حيث الحجم والوظائف المحددة وتطوير التطبيقات مثل تشخيص الأمراض [2, 6]. ويستخدم نظام الشخصية الافتراضية ثلاثية الأبعاد تنسيقات ملفات مثل (FBX) و (Autodesk) و (OBJ) و (Wavefront) و (glTF) و (Khronos Group) لتبادل بيانات الهندسة والرسوم المتحركة. كما مكنت التطورات في مجال المسح الضوئي بالليزر والمسح الضوئي بالضوء الأبيض والتصوير الفوتوغراممري والرؤية الآلية من التقاط بيانات ثلاثية الأبعاد عالية الدقة ودعم مجالات متعددة بدءاً بالهندسة الطبية الحيوية ووصولاً إلى إنتاج الأفلام [9].

## 3. الأعمال ذات الصلة

حقق الباحثون تقدماً كبيراً في تصميم أنظمة لمحاكاة وترجمة لغات الإشارة باستخدام مجموعة متنوعة من التقنيات والأساليب. فقد طور (Bouzid et al) نظام لغة الإشارة العربية على الويب والذي يستخدم لغة كتابة الإشارات وصور رمزية ثلاثية الأبعاد منخفضة التعداد لتمثيل المرئي [3]. وساهم عثمان وآخرون بشكل كبير في تدوين لغة الإشارة العربية من خلال إنشاء نموذج ترجمة آلية جديد قائم على XML [21]. واستخدم (Kaur et al) تقنية (SiGML) وتطبيق (JA Signing) لترجمة كلمات لغة الإشارة الهندية [12]. وأنشأ (Punchimudiyanse et al) تطبيق بايثون وبليندر لتمثيل الكلمات بلغة الإشارة السنهالية (SSL) دون الحاجة إلى التقاط الفيديو أو الحركة [22]. استخدم (Gonçalves et al) غونزاليس وآخرون ومحرك الرسوم المتحركة (Irrlicht) لإنتاج رسوم متحركة ثلاثية الأبعاد للصور الرمزية للغة الإشارة البرازيلية [10]. كما استخدم (Da et al) نظام تدوين هامبورغ لترجمة لغة الإشارة الفيينية إلى رسوم متحركة ثلاثية الأبعاد لأخبار التلفزيون [4].

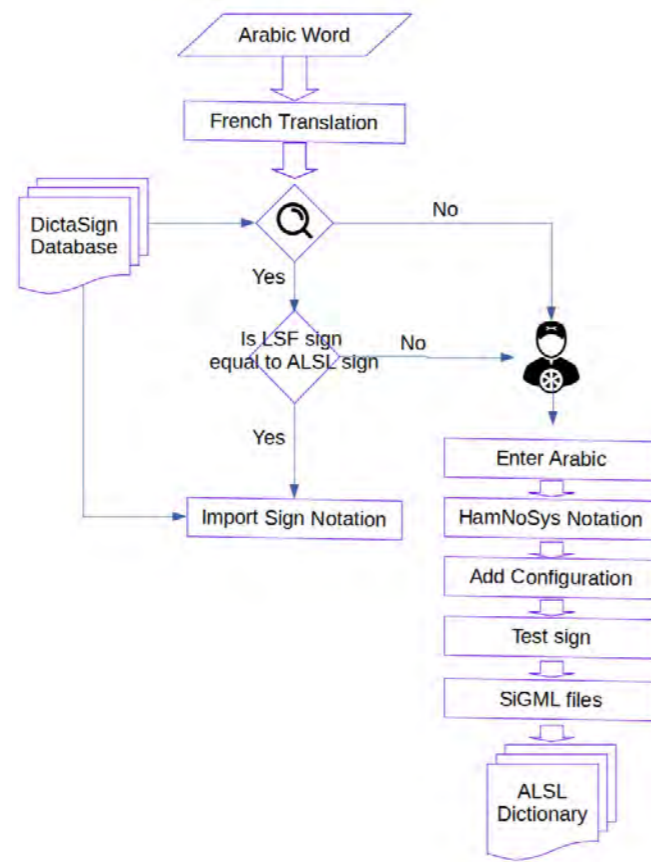
أنشأ (Al-Barahamtoshya et al) نظاماً لترجمة النص العربي إلى لغة الإشارة العربية (ARSL) والذي تضمن وحدة نطق وقواعد تحويلية [1]. وطور (Luqman et al) نظاماً لمصطلحات لغة الإشارة العربية للتعبير بكفاءة عن الإشارات والكلمات العربية [14].

واستخدم (Brouer et al) مقاطع فيديو ونظاماً قائماً على القواعد لتمثيل لغة الإشارة العربية بدقة [16]. وقد أطلق مركز مدى للتكنولوجيا المساعدة مشروع "بوحممد" وهو أول مترجم افتراضي ثلاثي الأبعاد للغة الإشارة القطرية (QSL) في قطر. ويدمج هذا المشروع بين الذكاء الاصطناعي والتقاط الحركة لتقديم ترجمة في الوقت الفعلي من النص العربي إلى لغة الإشارة القطرية (QSL). وهو يدعم الترجمة الآلية عبر الإنترنت ويتيح إمكانية النفاذ لمجتمع الصم في قطر من خلال السماح بالتفاعلات الرقمية عبر مختلف القطاعات [20]. وقد بحث [19] في عمل متصل في مدى تقبل الصم وضعاف السمع في قطر للمترجمين الافتراضيين وتحديداً بوحمد المعدل ثقافياً. وتشير النتائج إلى أنه كان لدى المشاركين في الغالب مشاعر إيجابية فيما يتعلق بالمترجم الافتراضي وقدرته على تحسين إمكانية النفاذ.



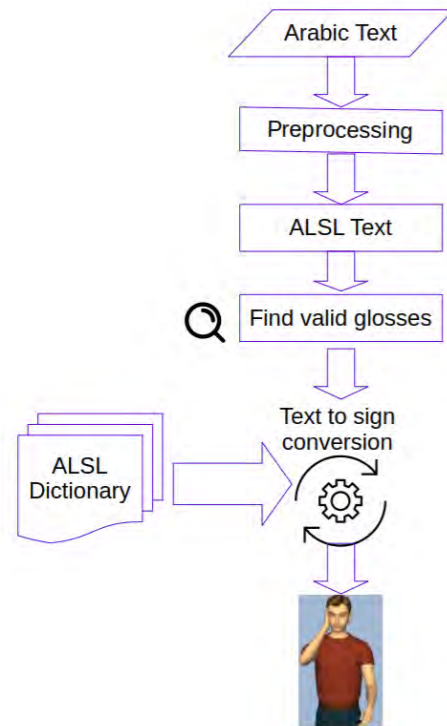
## 4. المنهجية المقترحة

تركز منهجيتنا على تطوير قاموس شامل للغة الإشارة الجزائرية (ALSL) كما هو موضح في الشكل 1. وقد تم إنشاء هذا القاموس من مجموعة بيانات موجودة مسبقاً لمقاطع فيديو لغة الإشارة الموضحة باستخدام تدوين (HamNoSys). ومن خلال استخدام أوجه التشابه اللغوي بين لغة الإشارة الجزائرية ولغة الإشارة الفرنسية (LSF) فإننا نقوم على الفور باستيراد تدوينات (HamNoSys) من مجموعة البيانات للكلمات المشتركة بين اللغتين. ويساعد خبراء لغة الإشارة الجزائرية في الإضافة اليدوية للإدخالات الجديدة وتحرير المصطلحات العربية غير الموجودة في مجموعة بيانات (DictaSign) مما يضمن الدقة والشمول.



الشكل 1. عملية إنشاء قاموس لغة الإشارة الجزائرية

وتتضمن المرحلة التالية تحويل تدوينات (HamNoSys) المجمعة إلى (SiGML) وهي لغة ترميز مناسبة لعرض الشخصية الافتراضية ثلاثية الأبعاد. ويقوم المتخصصون في لغة الإشارة الجزائرية بتقييم القاموس الناتج للتأكد من دقته. كما أنشأنا نظاماً لتحويل النص العربي إلى رسوم متحركة ثلاثية الأبعاد بلغة الإشارة الجزائرية مع بنية النظام الموضحة في الشكل 2. ويقوم هذا النظام أولاً بمعالجة النص مسبقاً وإجراء بحث في القاموس في معجم لغة الإشارة الجزائرية وأخيراً ترجمة تدوينة (SiGML) المناسبة إلى حركة الشخصية الافتراضية ثلاثية الأبعاد. وتسعى هذه المنهجية المتكاملة لبناء القاموس وتطوير النظام إلى إنشاء منصة ترجمة ديناميكية قابلة للنفاذ من قبل مستخدمي لغة الإشارة الجزائرية الناطقين باللغة العربية.

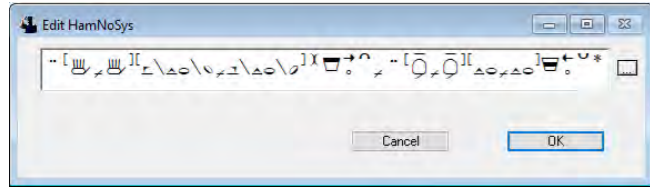


الشكل 2. بنية النظام

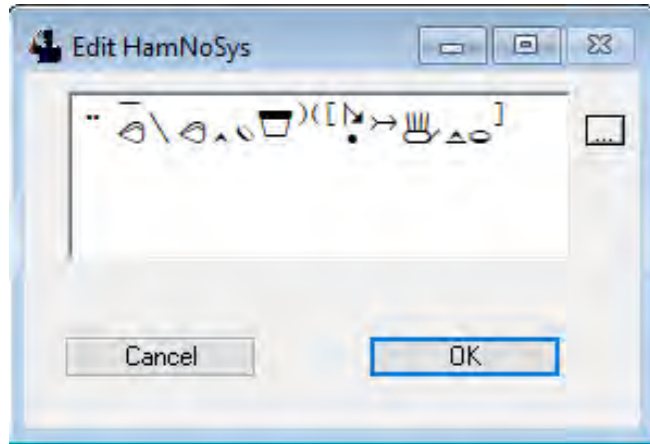
### 5.1. إنشاء قاموس لغة الإشارة الجزائرية

يتم التركيز في هذه المرحلة على الخطوة الأولى لبناء قاموس لغة الإشارة الجزائرية والتي تتضمن ترجمة مدخلات المفردات (التي تمثل الكلمات العربية) بناءً على نظام (HamNoSys) باستخدام محرر (eSign).

ويوضح الشكل 5 ترجمة (HamNoSys) لكلمة "أسرة" في لغة الإشارة الجزائرية باستخدام طريقة الترجمة اليدوية كما يوضح الشكل 6 ترجمة (HamNoSys) المستوردة لكلمة "يستسلم" "Abandonner" في لغة الإشارة الفرنسية باستخدام طريقة الاستيراد.



**الشكل 5:** ترجمة (HamNoSys) اليدوية لكلمة "أسرة" في لغة الإشارة الجزائرية



**الشكل 6:** ترجمة (HamNoSys) المستوردة لكلمة "يستسلم" "Abandonner" في لغة الإشارة الفرنسية



**الشكل 3.** تمثيل لكلمة (Abandonner) "يستسلم" بلغة الإشارة الفرنسية عبر مقطع فيديو وتدوينات (HamNoSys).

وقد استخدمنا مقاطع فيديو لمؤدبين أصليين للغة الإشارة الجزائرية للكلمات غير المدرجة في مجموعة بيانات (DictaSign). فقد حصلنا على سبيل المثال على مقاطع فيديو من صفحة الفيسبوك الخاصة بلغة الإشارة الجزائرية [24] والتي تعرض بانتظام كلمات عربية يتم أدائها إلى جانب الإشارات المقابلة لها في لغة الإشارة الجزائرية كما هو موضح في الشكل 4.



**الشكل 4:** إيماءات لغة الإشارة الجزائرية للتعبير عن "عيد الأضحى"

### 5. التنفيذ

يقدم القسم التالي نظرة عامة شاملة على عملية تطوير نظام الترجمة الآلية للغة الإشارة العربية الجزائرية (ALSL) مع تسليط الضوء على التحديات التي واجهتنا والحلول التي تم تطبيقها.

#### أدوات التطوير

تتضمن طريقة نظام التدوين (NSM) استخدام لغات البرمجة مثل JavaScript وHTML وCSS. ونذكر هنا الأدوات المستخدمة لتنفيذ طريقة نظام التدوين (NSM) لترجمة كلمات للغة الإشارة العربية الجزائرية عبر الشخصية الافتراضية ثلاثية الأبعاد:

- **(HamNoSys):** يستخدم نظام تدوين هامبورغ (HamNoSys) لتشفير إيماءات لغة الإشارة [18].
- **(SigML):** تحول لغة ترميز إيماءات الإشارة (SigML) تدوينات (HamNoSys) إلى رسوم متحركة تعرضها الشخصية الافتراضية ثلاثية الأبعاد. ويضمن هذا الجسر بين الأوصاف النصية والتمثيل المرئي تقديم رسوم متحركة دقيقة ومتسقة لتمثيل الإيماءات [8].

- **محرر (eSIGN):** تُستخدم هذه الأداة لإنشاء قواميس لغة الإشارة وإدارتها وهي ضرورية لضمان دقة وشمولية إيماءات لغة الإشارة العربية التي تؤدبها الشخصية الافتراضية [27].

- **مشغل (CWASA SIGML):** إن مشغل (SIGML) هو أداة تُستخدم لتمثيل بيانات لغة الإشارة المشفرة بلغة (SigML) (لغة ترميز إيماءات الإشارة). وبشكل هذا المشغل جزءًا من نظام (CWASA) (نظام التأشير الافتراضي للغة الإشارة CWA) الأوسع والذي يقوم بأداء لغة الإشارة الطبيعية باستخدام شخصيات بشرية افتراضية.

- **نظام التأشير الافتراضي (CWASA):** يعزز نظام (CWASA) قدرات الإشارة المرئية الشخصية الافتراضية مما يسمح لها بأداء إيماءات لغة الإشارة العربية المعقدة بسلاسة وطبيعية. ويضمن هذا النظام أن تكون الإيماءات واقعية ومعبرة وتلتزم بفوارق لغة الإشارة [26].

#### خطوات الحل

يقدم هذا القسم الفرعي وصفًا شاملاً لتنفيذ اقتراحنا باستخدام طريقة نظام التدوين (NSM). ونحدد هنا كل خطوة منهجية متباعدة ونقدم تفاصيل محددة بشأن الأساليب المستخدمة في كل مرحلة تطويرية والتي تغطي:

- **جمع البيانات:** جمع وتنظيم البيانات اللازمة لتطوير نظام ترجمة دقيق.
- **بناء قاموس ترجمة لغة الإشارة العربية الجزائرية:** تطوير قاموس مصمم للغة الإشارة العربية الجزائرية (ALSL) لتعزيز القدرة على الترجمة.
- **ترجمة (HamNoSys) إلى (SiGML):** تحويل تدوينات (HamNoSys) إلى (SiGML) وهو تنسيق مناسب لعرض الشخصية الافتراضية ثلاثية الأبعاد.
- **معالجة النصوص:** تحليل النص المدخل لضمان الترجمة والعرض الدقيقين.
- **واجهة المستخدم (UI) المستمدة من (CWASA):** إنشاء واجهة بديهية تعتمد على بنية (CWASA) لتحسين إمكانية النفاذ والمشاركة.

#### جمع البيانات

- **مصادر البيانات:** اعتمد نهجنا بشكل أساسي على مجموعة بيانات (DictaSign). وتتضمن هذه المجموعة 1000 عنصر معجمي مترجمة إلى أربع لغات إشارة مختلفة مع التركيز في بحثنا على ما يعادلها في لغة الإشارة الفرنسية. وقد قمنا بالتعاون مع فريق من الخبراء بترجمة أكثر من 300 كلمة من مجموعة البيانات ومواءمة أداء الإشارة بين لغة الإشارة الجزائرية ولغة الإشارة الفرنسية [7]. توفر مجموعة البيانات مقاطع فيديو لإيماءات لكل كلمة جنبًا إلى جنب مع تدوينات من (HamNoSys) ولناخذ على سبيل المثال في الشكل 3 كلمة "give up" باللغة الفرنسية (LSF).

## 6. الاختبارات

تم تفعيل نظام الترجمة لغة الإشارة الجزائرية على الموقع الإلكتروني حتى يتمكن المستخدمون من اختباره والاطلاع على جميع أجزائه المختلفة. كما تم التعاون مع متخصصي ترجمة لغة الإشارة الجزائرية من مدرسة الأطفال الصم ببني سليمان وجمعية ولاية البويرة المتخصصة في ترجمة لغة الإشارة.

وقد جرى اكتشاف مشكلات في المزامنة على مستوى اختبار التكامل للتفاعل بين محرك الترجمة والتمثيلات الرسومية ثلاثية الأبعاد للشخصية الافتراضية. ومع ذلك تم حل هذه المشكلات من خلال تحسين بروتوكولات الاتصال بين الوحدات المختلفة. كما تم التأكيد على أن يكون التدفق المتضمن مدخلات النص العربي وصولاً إلى التمثيلات الرسومية ثلاثية الأبعاد للشخصية الافتراضية سلساً مع عرض الإيماءة الصحيحة.

يؤكد اختبار تقبل المستخدم على سهولة استخدام الواجهة مع ترجمات واضحة ووقت ترجمة معقول. وقد أدت تعليقات المستخدمين إلى تغييرات في تخطيط لوحة التحكم. وتم اجتياز جميع الاختبارات على مستوى المكونات مع تصحيح المشكلات الأولية من خلال تحسين كود معالجة المدخلات. كما أدى تحسين الوحدة إلى القضاء على مشكلات المزامنة بين محرك الترجمة والتمثيلات الرسومية ثلاثية الأبعاد للشخصية الافتراضية.

وبهدف ضمان دقة الترجمة وأهميتها الثقافية فقد قمنا بالتعاون بشكل وثيق مع خبراء في لغة الإشارة الجزائرية (ALSL). وتضمنت هذه المرحلة اختباراً صارماً لنظام الترجمة باستخدام مسرد شامل لمفردات لغة الإشارة الجزائرية. وكانت تعليقات الخبراء جوهرياً لتحسين النظام ودقته. يعرض الجدول التالي (الجدول 1) نتائج اختبارات النظام بناءً على تعليقات الخبراء في ترجمة لغة الإشارة الجزائرية.

وقد وصلت الدقة الإجمالية لنظام ترجمة لغة الإشارة الجزائرية الخاص بنا = 75.53%.

| الفئات  | اختبار الخبير | صحيح    | النسبة | ترجمة غير صحيحة                                   |
|---------|---------------|---------|--------|---|
| الضائير | جيد           | 3/3     | 100%   | -   |
| الأسماء | جيد           | 219/227 | 96.48% | أستاذ ألم، أم، إشارة، اقتصاد، امرأة، يونيو، مكتبة |
| الأفعال | جيد           | 76/78   | 97.44% | لا يعلم، يأخذ                                     |
| الصفات  | جيد           | 40/44   | 90.91% | آخر، صعب، مريض                                    |
| الأدوات | جيد           | 11/12   | 91.67% | كيف   |
| الظروف  | جيد           | 14/17   | 82.35% | أمام، تحت، صباح                                   |
| متنوعة  | جيد           | 11/15   | 73.33% | فقط، مرة أخرى، مرحباً، من فضلك                    |
| الأرقام | جيد           | 19/21   | 90.48% | 90, 40  |
| المجموع |               | 315/417 | 75.53% |   |

الجدول 1. تقييم القاموس

<sup>1</sup> <https://3dasl-avatar.vercel.app>



5.3. معالجة النصوص  
وبهدف تقليل المشكلات التي يواجهها المستخدمون فقد اعتمدنا في هذه المرحلة على تطوير خوارزميات محددة لمعالجة المدخلات النصية باللغة العربية. حيث تتم معالجة النص العربي مسبقاً باستخدام التعبير العادي لتنقيح النص. كما قمنا باستخدام خوارزمية النافذة المنزلقة (Sliding Window) لمعالجة مشكلة التعرف الدقيق على عبارات مثل "بعد غد" في مدخلات النص العربي والتي يتم فصلها بمسافات وبالتالي قد يتم التعامل معها بشكل غير صحيح ككلمات منفصلة.

## 5.4. واجهة المستخدم المستندة إلى (CWASA) تصميم واجهة المستخدم

تم تصميم واجهة المستخدم (UI) لنظام ترجمة لغة الإشارة الجزائرية العربية الآلي لتكون بديهية وسهلة الاستخدام مما يسمح للمستخدمين بإدخال النص العربي ومشاهدة إشارات لغة الإشارة الجزائرية (ALSL) المقابلة التي يتم إجراؤها بواسطة الشخصية الافتراضية ثلاثية الأبعاد. وقد تم دمج (CWASA) "محاذاة الأحرف والكلمات والمترجم الافتراضي" في واجهة المستخدم لتمثيل إيماءات لغة الإشارة عبر الشخصية الافتراضية ثلاثية الأبعاد (انظر الشكل 7).



الشكل 7: واجهة مستخدم نظام المترجم الجزائري الافتراضي ثلاثي الأبعاد المستند إلى (CWASA)

الاختبار والتحقق وبعد إدخال الكلمة العربية في القاموس قمنا بتقييم أداء الشخصية الافتراضية لحركة لغة الإشارة باستخدام نظام (HamNoSys) المرتبط بالكلمة. وقد تم إجراء هذا التقييم من خلال وظيفة "Sign" في محرر (eSign) وعرض النتائج عبر تطبيق مشغل (CWASA Sigml). وقمنا بعد ذلك بالتحقق من دقة الترجمة من خلال مقارنة تسجيلات الفيديو للمؤشرين بلغة الإشارة الجزائرية الأصلية أو عن طريق طلب التعليقات من الخبراء في لغة الإشارة الجزائرية.

## 5.2. ترجمة (HamNoSys) إلى (SIGML)

وبعد الانتهاء من الخطوة الأولى لبناء القاموس يتم حفظ بيانات الترجمة في هذه المرحلة على شكل ملفات (SIGML) بناءً على نظام (HamNoSys) والتي يمكن قراءتها بواسطة الشخصية الافتراضية ثلاثية الأبعاد. وعند وصف عملية ترجمة تسميات (HamNoSys) التوضيحية إلى ملفات (SiGML) وتفاعل الشخصية الافتراضية مع هذه الملفات يتم تحويل تدوينات (HamNoSys) إلى (SiGML) وهو تنسيق يستند إلى (XML) عن طريق مطابقة الرموز مع علامات (SiGML) المقابلة لها. ويستخدم هذا التنسيق لإنشاء برنامج عرض ثلاثي الأبعاد للتمثيلات الرسومية بلغة الإشارة. ويتم بعد ذلك استخدام ملف (SiGML) لتحريك الإيماءات من خلال شخصية افتراضية يتم التحكم فيها بواسطة تطبيق (CWASA SiGML Player).

ويستخدم نظام (CWASA) تقنيات الجافا سكريبت (JavaScript) و (WebGL) لترجمة (SiGML) إلى تمثيلات رسومية عبر الشخصية الافتراضية في الوقت الفعلي على التطبيقات المستندة إلى الويب. وترسل تطبيقات العميل بيانات (SiGML) عبر (TCP/IP) إلى الخادم الذي يقوم بمعالجتها للتحكم في حركات الشخصية الافتراضية. ويمكن لـ (CWASA) أيضاً استخدام (XMLHttpRequest) لاستحضار ملفات (SiGML) ديناميكياً أو تحديث إعدادات الشخصية الافتراضية مما يعزز تفاعل المستخدم ويضمن العرض الفعال لحركات تأشير لغة الإشارة.

المراجع

- Al-Barahamtoshy, O. H. and Al-Barhamtoshy, H. M. (2017). Arabic text-to-sign (artts) model from automatic sr system. *Procedia Computer Science*, 117:304–311.
- Berdic, N., Mihic, S., and Dragan, D. (2016). 3d full body avatar applicability in consumer products. In *The proceedings of international conference on Mass Customization and Personalization in Central Europe MCP-CE*, pages 24–29.
- =Bouzid, Y. and Jemni, M. (2013). An avatar based approach for automatically interpreting a sign language notation. In *2013 IEEE 13th International Conference on Advanced Learning Technologies*, pages 92–94. IEEE.
- Da, Q. L., Khang, N. H. D., and Ngon, N. C. (2019). Converting the vietnamese television news into 3d sign language animations for the deaf. In *Industrial Networks and Intelligent Systems: 14th EAI International Conference, INISCOM 2018, Da Nang, Vietnam, August 27–28, 2018, Proceedings*, pages 155–163. Springer.
- Deusens (2024). Avatars with motion capture technology for businesses. Accessed: 2024-05-27.
- Duarte A., Palaskar S., V. L. G. D. D. K. M. F. T. J. and i Nieto X., G. (2021). How2sign: A large-scale multimodal dataset for continuous american sign language. In *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pages 2735–2744.
- Efthimiou, E., Fotinea, S.-E., Hanke, T., Glauert, J., Bowden, R., Braffort, A., Collet, C., Maragos, P., and Lefebvre-Albaret, F. (2012). Sign language technologies and resources of the dicta-sign project. In *5th Workshop on the Representation and Processing of Sign Languages: Interactions between Corpus and Lexicon. Satellite Workshop to the eighth International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC-2012)*.
- Elliott, R., Glauert, J., Jennings, V., and Kennaway, R. (2004). An overview of the sigml notation and sigmlsigning software system. *sign-lang@ LREC 2004*, pages 98–104.
- Gachanja Wanjiru, B. (2022). Analysis of methods for creation of human 3D avatars. PhD thesis, ETSI\_Informatica.
- Gonçalves, D. A., Todt, E., and Sanchez Garcia, L. (2015). 3d avatar for automatic synthesis of signs for the sign languages. In *WSCG 2015 Conference on Computer Graphics, Visualization and Computer Vision. Václav Skala-UNION Agency*.
- Julien, T. (2009). Une vue d'ensemble de la reconnaissance de gestes. In *Séminaire Gesture recognition*.
- Kaur, K. (2016). Hamnosys to sigml conversion system for sign language automation. *Procedia Computer Science*, 89:794–803.
- Lanesman S., M. I. (2012). The survival of algerian jewish sign language alongside israeli sign language in israel. anthropological and linguistic insights. *Sign Languages in Village Communities*.
- Luqman, H. and Mahmoud, S. A. (2019). Automatic translation of arabic text-to-arabic sign language. *Universal Access in the Information Society*, 18(4):939–951.

7. الخاتمة

يعد نظام ترجمة لغة الإشارة العربية الجزائرية الآلي خطوة كبيرة إلى الأمام في تعزيز التواصل بين مجتمع الصم في الجزائر. وقد نجحت هذه الدراسة باستخدام طريقة نظام الترميز (NSM) في تطوير برنامج يترجم النص العربي إلى حركات لغة الإشارة الجزائرية بشكل دقيق وسلس والتي يتم تنفيذها بواسطة شخصية افتراضية ثلاثية الأبعاد.

وقد حقق القاموس الذي يتكون من 417 كلمة نسبة دقة تم التحقق منها بلغت 75.53%. وتشير هذه النتائج إلى خطوة كبيرة إلى الأمام في محاكاة لغة الإشارة ثلاثية الأبعاد القائمة على الشخصية الافتراضية مع احتمالات لمزيد من التحسين والنمو.

وتمت معالجة العديد من العقبات أثناء التنفيذ بما في ذلك الافتقار إلى مجموعات بيانات لغة الإشارة الجزائرية عالية الجودة وتعقيد تقنيات التقاط الحركة وتعقيدات الترجمة الفعالة وأداء إيماءات لغة الإشارة.

نوصي بالتركيز في المستقبل على توسيع مجموعة بيانات لغة الإشارة الجزائرية وتعزيز الواقعية والدقة في رسومات الشخصية الافتراضية وتحسين أداء النظام عبر الأنظمة الأساسية المختلفة. سيكون التعاون مع مجتمع لغة الإشارة العربية الجزائرية إلى جانب مواصلة تحسين واجهة المستخدم ضروريًا للحفاظ على أهمية النظام وفعاليتها.

**شكر وتقدير**  
نتقدم بخالص الشكر للسيد يوسف بن يحيى على مساهماته المتخصصة في الشخصية الافتراضية والرسوم المتحركة ثلاثية الأبعاد الخاصة بنا. ونتقدم بشكر خاص للسيدة ضربو مروة التي أدت تفانيها كأخصائية في لغة الإشارة إلى تحسين جودة أكثر من 300 إيماءة بلغة الإشارة الجزائرية (ASL) بشكل كبير. كما أننا ممتنون أيضًا لمعلمي مدرسة الصم في بني سليمان المدية على ملاحظاتهم الأساسية أثناء اختبار النموذج الأولي.





جائزة مدمى للابتكار  
Mada Innovation Award  
2022



**Nateq is an innovative speech-assistive app designed to support children with speech and communication challenges by offering an interactive, personalized platform for language learning. Available in four dialects—Qatari, Saudi, Jordanian, and Fus-ha—it allows users to explore over 300 free words across 26 categories, with the option to unlock premium content through subscriptions. The app supports families and educational centers, enabling personalized experiences by adding custom words, images, and audio. With features like recorded personal messages and culturally adapted visuals, Nateq empowers children to communicate confidently. Recognized for its transformative potential, Nateq won the Mada Innovation Awards in 2023 and received support under the Mada Innovation Program's Direct Grant Stream in 2024, enabling its development and optimization as a vital tool for inclusive communication.**



24. sign-language page, A. (2024). Algerian sign language page on facebook. <https://www.facebook.com/profile.php?id=100093996740140>. [Online; accessed 19-June-2024].X
25. Top AI Tools (2024). Motion capture tools. Accessed: 2024-05-27.
26. University of East Anglia (2024a). CWA Signing Avatars. [https://vh.cmp.uea.ac.uk/index.php/CWA\\_Signing\\_Avatars](https://vh.cmp.uea.ac.uk/index.php/CWA_Signing_Avatars). [Online; accessed 19-June-2024].X
27. University of East Anglia (2024b). esign project. <https://www.visicast.cmp.uea.ac.uk/eSIGN/index.html>. [Online; accessed 19-June-2024].X
28. VisiCast Project (2024). Driving the SiGML player app. [https://vh.cmp.uea.ac.uk/index.php/Driving\\_the\\_SiGML\\_Player\\_App](https://vh.cmp.uea.ac.uk/index.php/Driving_the_SiGML_Player_App). Accessed: 2024-06-22.
15. Mansour, M. S. (2007). Langage et surdit , descriptive de la langue des signes des sourds oranais (magist re). Universit  d'Oran Es-S nia., page 124.
16. Mb, A. and Ab B, A. M. (2019). 1: Arabic text language into arabic sign language machine translation system-sciencedirect. Procedia Computer Science, 148:236–245.
17. N n ez-Marcos, A., Perez-de Vi naspre, O., and Labaka, G. (2023). A survey on sign language machine translation. Expert Systems With Applications.
18. of Sciences, A. and in Hamburg, H. (2024). Dgs-korpus project. <https://web.dgs-korpus.de/hamnosys-97.html>. [Online; accessed 19-June-2024].X
19. Othman, A., Dhouib, A., Chalghoumi, H., Elghoul, O., and Al-Mutawaa, A. (2024). The acceptance of culturally adapted signing avatars among deaf and hard-of-hearing individuals. IEEE Access.
20. Othman, A. and El Ghoul, O. (2022). Buhamad: The first qatari virtual interpreter for qatari sign language. Nafath, 6(20).
21. Othman, A. and Jemni, M. (2017). An xml-gloss annotation system for sign language processing. In 2017 6th International Conference on Information and Communication Technology and Accessibility (ICTA), pages 1–7. IEEE.
22. Punchimudiyanse, M. and Meegama, R. G. (2015). 3d signing avatar for sinhala sign language. In 2015 IEEE 10th international conference on industrial and information systems (ICIIS), pages 290–295. IEEE.
23. Ready Player Me (2024). Animation, motion capture, and ai software: 3d full body avatar creator. Accessed: 2024-05-27.



**مرورة قراقع**

قسم تكنولوجيا المعلومات والحوسبة، كلية العلوم والهندسة، جامعة حمد بن خليفة، الدوحة، قطر  
mqaraqe@hbku.edu.qa

**مريم باحميش**

قسم تكنولوجيا المعلومات والحوسبة، كلية العلوم والهندسة، جامعة حمد بن خليفة، الدوحة، قطر  
mbahameish@hbku.edu.qa

**ماريا جيمينيز أندريه**

كلية العلوم الإنسانية والاجتماعية، جامعة حمد بن خليفة، الدوحة، قطر  
mandres@hbku.edu.qa

**أشرف عثمان**

مركز مدى، الدوحة، قطر  
aothman@mada.org.qa

**دينا ال ثاني**

قسم تكنولوجيا المعلومات والحوسبة، كلية العلوم والهندسة، جامعة حمد بن خليفة، الدوحة، قطر  
dalhani@hbku.edu.qa

**محمد حسن فادي حجاب**

قسم تكنولوجيا المعلومات والحوسبة، كلية العلوم والهندسة، جامعة حمد بن خليفة، الدوحة، قطر  
mohijab@hbku.edu.qa

**شذى خطاب**

قسم تكنولوجيا المعلومات والحوسبة، كلية العلوم والهندسة، جامعة حمد بن خليفة، الدوحة، قطر  
skhatab@hbku.edu.qa

**نهوان الأسود**

كلية العلوم الإنسانية والاجتماعية، جامعة حمد بن خليفة، الدوحة، قطر  
nalaswadi@hbku.edu.qa

**جوزيليا نيفيس**

كلية العلوم الإنسانية والاجتماعية، جامعة حمد بن خليفة، الدوحة، قطر  
go@joselianeves.com

# التوحد واللعب

## نظرة عامة على المقاربة المنهجية والنتائج الأولية



## 1. المقدمة

### 1.1. التوحد والتصميم المشترك

إن التصميم المشترك هو نهج تعاوني متأصل في مبادئ التصميم التشاركي حيث يساهم المستخدمون النهائيون بنشاط في عملية إنشاء التصميم مما يضمن تلبية احتياجاتهم وتفضيلاتهم (Druin, 1999, 2002). وقد أثبت التصميم المشترك قيمته بالنسبة للأطفال المصابين بالتوحد بشكل خاص لأنه يدعوهم إلى مشاركة الأفكار والتعليقات حول الأدوات التي تهدف إلى دعم احتياجاتهم الاجتماعية والتنموية (Ehn, 2008; Sanders & Stappers, 2008). وعُرف التصميم المشترك في السنوات الأخيرة بأنه منهجية شاملة في مجال أبحاث التوحد (Frauenberger et al., 2017). وتستعرض ورقة مراجعة حديثة (Hijab, Banire, et al., 2023) العديد من التقنيات التي تركز على التوحد والتي تم تطويرها بالاعتماد على مدخلات من المستخدمين المصابين بالتوحد. وتؤكد هذه الورقة أن الأدوات التي تم إنشاؤها بمشاركة الأطفال المصابين بالتوحد كمصممين مشاركين تميل إلى أن تكون أكثر فعالية وملاءمة لأنها تعكس وجهات نظر هؤلاء الأطفال

ظهرت هناك تحديات فريدة في مجال التصميم المشترك بمشاركة الأطفال المصابين بالتوحد بما في ذلك عوائق الاتصال والحاجة إلى استراتيجيات مشاركة قابلة للتكيف تحترم قدرات الأطفال المتنوعة وتفضيلات التواصل (Frauenberger et al., 2013, 2020). وقد طورت الأبحاث في مجتمع التصميم التفاعلي للأطفال أساليب وتقنيات مختلفة لإشراك الأطفال في عمليات التصميم مع التركيز على سهولة الاستخدام والاعتبارات الأطلاقية (Alhumaidan et al., 2018; Mechelen et al., 2019). ومن خلال إدراكهم لأهمية أساليب المشاركة الأطلاقية والعملية قدم الباحثون مثل جانيت سي ريد أدوات فعالة مثل أساليب التصميم (ActiveInfo و CHECK و Tick Box). وتعمل هذه الأدوات على تبسيط عملية التصميم المشترك مما يسمح بجمع سريع للأفكار من الأطفال وضمان دمج وجهات نظرهم في التصميم النهائي مع مراعاة راحتهم وقدرتهم على التصرف. ويقدم العمل مع الأطفال المصابين بالتوحد اعتبارات إضافية. وعلى سبيل المثال يوجد للعديد من الأطفال المصابين بالتوحد احتياجات تواصل فريدة وطرق متميزة للتعامل مع مهام التصميم (Hijab, Al-Thani, et al., 2023; Hijab et al., 2021). وأظهرت الدراسات أن أساليب التصميم التشاركي النموذجية يمكن أن تعزز في بعض الأحيان وجهات النظر الموجهة نحو عوامل النقص في مجال التوحد لأنها قد تؤكد على تحديات التواصل بدلاً من نقاط القوة (Frauenberger et al., 2011). ومع ذلك فإن ممارسات التصميم المشترك القائمة على نقاط القوة تمكن الأطفال المصابين بالتوحد من المساهمة بشكل هادف وغالبًا ما يكون ذلك بدعم من مقدمي الرعاية أو المعالجين عندما يكون التواصل المباشر صعبًا (Fage, 2015; Giraud et al., 2021). ومع تطور التصميم المشترك بمشاركة الأطفال المصابين بالتوحد فإنه يعكس تحولًا متزايدًا نحو البحث الشامل مع إعطاء الأولوية للمهارات والرؤى والاهتمامات الفريدة للأطفال المصابين بالتوحد كمبدعين مشاركين في عملية التصميم



**الملخص -** لقد ناقشت الأبحاث الحديثة التصميم المشترك بمشاركة الأطفال المصابين بالتوحد في عدة بيئات مختلفة. ومع ذلك لم تقم أي من هذه الدراسات بالبحث في مجال اللعب الشامل. ويهدف هذا المشروع إلى المشاركة في تصميم وتقييم أداة لتعزيز اللعب الشامل والتعاوني مع الأطفال المصابين بالتوحد ومن أجلهم في سياق تعليمي. وهي منظمة إلى ثلاث مراحل: الاستقصاء السياقي والتصميم المشترك وتقييم المشاركة. وتهدف هذه الورقة إلى تقديم لمحة عامة عن المقاربة المنهجية المستخدمة في هذا المشروع والنتائج الأولية التي تم الحصول عليها. وقد كشفت الملاحظات والمقابلات مع المتخصصين في مرحلة الاستقصاء السياقي عن الموضوعات الرئيسية التي تؤثر على اللعب التعاوني مثل دور الأنشطة المنظمة والبيئات الشاملة في تعزيز المشاركة. وقامت مرحلة التصميم المشترك بإشراك الأطفال المصابين بالتوحد وغير المصابين بالتوحد في ورش عمل متكررة مما أدى إلى نموذج أولي للعب التعاوني متعدد الحواس. وتجمع المرحلة النهائية وهي تقييم المشاركة بين الأساليب النوعية والكمية بما في ذلك مؤشر المشاركة والتعامل المتبادل (JERI) وتقدير وضعية الجسم بالاعتماد على الرؤية الحاسوبية باستخدام (Mediapipe) لقياس مستويات المشاركة أثناء جلسات اللعب. وتشير النتائج الأولية إلى أن الأدوات المنظمة والإعدادات الشاملة تدعم تبادل الأدوار والانتباه المشترك واللعب التعاوني. كما سيركز العمل المستقبلي على تحسين النموذج الأولي وتطوير نماذج التعلم الآلي للتنبؤ بأنماط المشاركة ودعم بيئات اللعب الشاملة بشكل أكبر.

**الكلمات الرئيسية:** التوحد؛ التصميم المشترك؛ التصميم الشامل؛ الأطفال المصابين بالتوحد؛ اللعب التعاوني؛ الالتزام المشترك؛ الرؤية الحاسوبية



## 1.2. التوحد واللعب

من المعترف به على نطاق واسع أن اللعب ضروري لنمو الطفل حيث يمكن الأطفال من استكشاف بيئتهم وبناء الروابط الاجتماعية والتعبير عن أنفسهم (Gray, 2017; Weisberg et al., 2013). ومع ذلك وبالنسبة للأطفال المصابين بالتوحد فغالبًا ما يتجسد اللعب بشكل مختلف حيث يتم التركيز أحيانًا على التجارب الحسية أو الأنشطة الانفرادية والتي قد تنحرف عن التوقعات النموذجية. وقد بحث (Khatab et al., 2024) في مراجعة منهجية حديثة في اللعب التعاوني مع الأطفال المصابين بالتوحد مع التركيز على ثراء وعمق معنى خيارات اللعب التي قد تبدو غير تقليدية ولكنها ذات أهمية كبيرة لكل طفل. وتوضح الدراسات التي أجراها (Conn, 2015; Conn & Drew, 2017) أيضًا أن العديد من الأطفال المصابين بالتوحد يستمتعون بالأنشطة الخيالية والحسية والتي تعكس أساليبهم الفريدة في المشاركة والتعبير عن الذات تاريخيًا قامت الكثير من الأبحاث حول اللعب التوحدي اللعب العصبي بمقارنة وتسهيل الضوء على الاختلافات التي غالبًا ما كانت مرضية مثل الميل نحو اللعب الانفرادي (Wing et al., 1977). ومع ذلك تتحدى الأبحاث الحديثة هذا النهج الذي يركز على العجز والنقص وتدعو إلى وجهة نظر قائمة على نقاط القوة وتعترف بقيمة أساليب اللعب الفريدة للأطفال المصابين بالتوحد (Gillespie-Lynch, 2019; Heasman & Gillespie, 2017; et al., 2019). وتظهر دراسة حديثة حول تفضيلات اللعب الخارجية والداخلية بين الأطفال المصابين بالتوحد أنه عند دعمها وفهمها يمكن للأنشطة اللعب هذه أن تعزز تطورًا كبيرًا في الإبداع والمعالجة الحسية والتفاعل الاجتماعي (Fahy et al., 2021). كما يتماشى الاعتراف بتفضيلات اللعب هذه مع وجهات نظر التنوع العصبي التي تحثي بالتنوع في الأداء المعرفي والاجتماعي وتشجيع الممارسات الشاملة التي تدعم نقاط قوة كل طفل واهتماماته. وقد أدت أهمية بيئات اللعب الشاملة إلى استكشاف نماذج "اللعب المتنوع عصبيًا" حيث ينخرط كل من الأطفال المتنوعين عصبيًا والنمط العصبي معًا في إعدادات اللعب المصممة لتلبية الاحتياجات المتنوعة (Spiel & Gerling, 2021). إن مثل هذه البيئات مفيدة جدًا لأنها تسمح للأطفال المصابين بالتوحد بالمشاركة في التفاعلات الاجتماعية بالسرعة التي تناسبهم ووفق مستوى الراحة الخاص بهم. ومع ذلك تظل هذه الفرص

## 1.4. بيان المشكلة

نظرًا للوعي المتزايد بالطرق الفريدة التي يتفاعل بها الأطفال المصابون بالتوحد مع بيئتهم لا سيما في السياقات الاجتماعية والقائمة على اللعب يبدو أن هناك حاجة ملحة لتطوير أدوات تعزز التفاعل الشامل والتعاون. وغالبًا ما تركز الأساليب التقليدية للعب للأطفال المصابين بالتوحد على أوجه القصور وتتجاهل نقاط القوة والتفضيلات التي يمكن تسخيرها لخلق فرص مشاركة ذات معنى. وتتناول هذه الورقة التحدي المتمثل في كيفية تصميم واجهة تشجع اللعب التعاوني والشامل للأطفال المصابين بالتوحد مع احترام احتياجاتهم الفردية وأساليب الاتصال الخاصة بهم. ويهدف هذا المشروع لإشراك الأطفال المصابين بالتوحد كمصممين مشاركين بهدف إنشاء نموذج أولي يعكس رؤاهم وتفضيلاتهم مما يضمن سهولة الوصول إلى التصميم النهائي المطلوب. كما ستدرس هذه الورقة مستويات المشاركة التي حققها الأطفال المصابون بالتوحد أثناء التفاعل مع النموذج الأولي المصمم بشكل مشترك مما يوفر نظرة ثاقبة حول كيفية دعم هذه الأدوات للتفاعلات الاجتماعية الهادفة. وسيتم أيضًا تقييم هذه الواجهة من قبل الأطفال المصابين بالتوحد وغير المصابين بالتوحد مع التركيز على فعاليتها في تعزيز المشاركة المشتركة والتفاعل الاجتماعي وردود الفعل من الأطفال أنفسهم. ولا يكتفي هذا النهج بإعطاء الأولوية لأصوات الأطفال المصابين بالتوحد فحسب بل إنه يعزز أيضًا منظورًا قائمًا على نقاط القوة ويقدر مساهماتهم وخبراتهم في تطوير الأدوات المصممة لاستخدامهم. وتوضح هذه الورقة المنهجية والنتائج الأولية لمشروع مصمم لإنشاء تجارب لعب جذابة تتماشى مع وجهات نظر وتفضيلات الأطفال المصابين بالتوحد بهدف تعزيز عمليات التفاعل المبهجة ذات الأهمية الاجتماعية

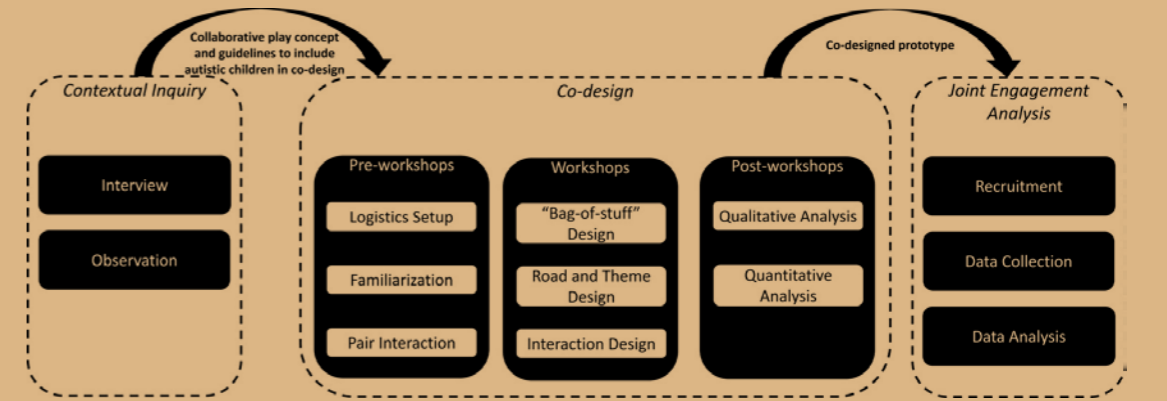
## 1.3. التوحد والمشاركة

الشاملة محدودة في العديد من سياقات التعليم أو اللعب التقليدية حيث غالبًا ما يتم تصميم المرافق والهيكل وفقًا للمعايير العصبية (Jeanes & Magee, 2012; Stanton-Chapman & Schmidt, 2017)

إن المشاركة هي مفهوم اجتماعي وتفاعلي يعتبر جوهريًا لتطوير مهارات التواصل الاجتماعي وبناء الخبرات المشتركة بين الأفراد (Ruble & Robson, 2007). وتعتبر المشاركة بالنسبة للأطفال المصابين بالتوحد ذات أهمية خاصة لأنها يمكن أن تخلق فرصًا لهم للتواصل مع الآخرين بطريقة طبيعية ومريحة. وقد تم تعريف المشاركة في تفاعلات الأطفال من خلال مناهج مختلفة حيث استخدمت بعض الدراسات مخططات الترميز بناءً على النظرة والأفعال والحالات العاطفية (Pan et al., 2023). ويعتمد مفهوم المشاركة على هذه التعريفات ويشير على وجه التحديد إلى التركيز المشترك على شيء أو نشاط يتضمن اهتمام المشاركين ومشاركتهم. ويتم قياسه في كثير من الأحيان من خلال مؤشرات مثل نظرة العين وفترة الاستجابة لخطاب شخص آخر ومدّة النظرة (Adamson et al., 2004). وبالنسبة للأطفال المصابين بالتوحد فإنه يمكن لتطوير المشاركة أن يعزز المهارات اللغوية وبيئي قدرات التواصل الاجتماعي ويوفر أساسًا للتفاعلات بين الأقران (Adamson et al., 2004). وتؤكد الدراسات أنه عندما يتم تسهيل المشاركة في بيئات اللعب الداعمة يظهر الأطفال المصابون بالتوحد نتائج اجتماعية محسنة بما في ذلك تحسين مهارات التواصل وبناء العلاقات. وتعد المشاركة هدفًا لدعم التفاعلات الاجتماعية في البيئات العلاجية واليومية. (Pan et al., 2023) يسلط الضوء على أنه بالنسبة للأطفال الذين يعانون من اضطرابات النمو يمكن أن تكون المشاركة بمثابة بوابة لتحسين النتائج اللغوية وتعزيز الروابط الاجتماعية. كما يسمح دمج المشاركة في الأنشطة القائمة على اللعب للأطفال المصابين بالتوحد ببناء مهارات مختلفة مثل تبادل الأدوار واللعب الرمزي والتعاون وهي مهارات تعتبر أساسية للتفاعل الاجتماعي. كما تتوافق الأنشطة التي تعزز المشاركة مع منظور التنوع العصبي مع التركيز على نقاط القوة والتفضيلات الخاصة بكل طفل في بناء المهارات الاجتماعية

## 2. منهجية البحث ونهجه

تم تقسيم منهجية هذا المشروع إلى ثلاث مراحل رئيسية كما هو موضح: الاستقصاء السياقي والتصميم المشترك وتقييم المشاركة. وتخدم كل مرحلة غرضًا فريدًا بدءًا من جمع الأفكار الأساسية حول اللعب التعاوني وحتى تطوير واختبار نموذج أولي مصمم خصيصًا للأطفال المصابين بالتوحد



الشكل 1. منهجية المشروع

## 2.1. الاستقصاء السياقي

ركزت مرحلة الاستقصاء السياقي على فهم الأدوات والتقنيات والأنماط السلوكية للعب التعاوني بين الأطفال المصابين بالتوحد في بيئات الفصول الدراسية (Holtzblatt & Beyer, 1997). وقد أجري الاستقصاء في مركز للأطفال ذوي الإعاقة ومدرسة شاملة في قطر وشمل مقابلات مع المعلمين والمعالجين وأولياء الأمور فضلًا عن جلسات مراقبة للأطفال المصابين بالتوحد وغير المصابين بالتوحد في سياقات لعب مختلفة. وهدفت هذه المرحلة إلى تحديد التحديات والفرص في مجال تعزيز اللعب التعاوني وجمع البيانات من خلال المقابلات شبه المنظمة والتحليل الموضوعي (Clarke & Braun, 2017). وقد تم إجراء ما مجموعه 45 مقابلة مع مجموعة متنوعة من المتخصصين بما في ذلك المعلمين ومعالجي النطق واللغة والمعالجين السلوكيين وعلماء النفس ومعالجي العلاج الطبيعي. كما تم إجراء 48 جلسة مراقبة حيث جرى تغطية أنشطة مثل الرياضة والفنون وجلسات الموسيقى. وتم ترميز بيانات المراقبة وفق أربع موضوعات رئيسية - اللعب التعاوني والنشاط المنسق وإمكانية التعاون والنشاط التعاوني وقد وفرت هذه البيانات نظرة ثاقبة حول تفاعلات الأطفال وقدمت معلومات هامة لمرحلة التصميم المشترك. وشملت الاعتبارات الأخلاقية الحصول على الموافقة والقبول مع تخصيص معرفات مشفرة للمشاركين لضمان السرية

## 2.2. التصميم المشترك

وبناءً على النتائج التي تم التوصل إليها من الاستقصاء السياقي قامت مرحلة التصميم المشترك بإشراك الأطفال المصابين بالتوحد وغير المصابين بالتوحد بشكل نشط في تطوير النموذج الأولي. وتم تنظيم هذه المرحلة إلى ثلاث مراحل فرعية: ورش العمل التمهيدي وورش العمل المشتركة للتصميم وورش العمل اللاحقة. حيث ركزت ورش العمل التمهيدي على تعريف الأطفال بالبيئة ذات الصلة وفريق البحث وعملية التصميم. وشارك الأطفال في 10 جلسات تعريفية حيث تمت مراقبتهم في أماكن لعب حرة لفهم تفضيلاتهم. ووفق هذه التفاعلات تم إقران الأطفال بألعابهم المفضلة وإشراكهم في جلسات لعب منظمة مصممة لتعزيز الراحة والروابط الاجتماعية. أما في ورش العمل المشتركة للتصميم فقد شارك الأطفال في ثلاثة أنشطة محددة - تصميم كيس الأشياء وتصميم الطريق والموضوعات وتصميم التفاعل. وقد اختار الأطفال في تصميم كيس الأشياء ميزات حسية وأشكال وألوان لإنشاء أشياء تعكس تفضيلاتهم. وخلال مرحلة تصميم الطرق والموضوعات قاموا ببناء طرق وموضوعات للنموذج الأولي للعب التعاوني مما منحهم شعور بالملكية تجاه النموذج الأولي. وقدمت مرحلة تصميم التفاعل "عقبات" شجعت على حل المشكلات بشكل تعاوني والمشاركة وتعزيز تبادل الأدوار والاهتمام المشترك. وقد تم تصميم هذه الأنشطة بناءً على رؤى المتخصصين والملاحظات السابقة لتعزيز اللعب الشامل وقد تألفت مرحلة ما بعد ورش العمل من جلسات تقييم حيث انخرط كل زوج من الأطفال في النموذج الأولي

المصمم بشكل مشترك في جلسة لعب حرة مدتها 30 دقيقة. ليتم بعد ذلك جمع البيانات النوعية والكمية حول سلوكيات اللعب التعاوني وتفاعل الطفل مع قرينه وتفاعل الطفل مع اللعبة والمهارات الأساسية مثل الاهتمام المشترك وتبادل الأدوار. كما تم تحليل تسجيلات الفيديو من هذه المرحلة للحصول على رؤى حول فعالية النموذج الأولي في دعم التفاعلات الاجتماعية

## 2.3. تقييم المشاركة

كانت المرحلة النهائية تهدف إلى قياس مستويات المشاركة كميًا باستخدام مؤشر المشاركة والتعامل المتبادل (JERI) وتقدير الوضع القائم على الرؤية الحاسوبية. وقد تم استخدام (JERI) وهو مخطط ترميز لتقييم جودة وكمية المشاركة لرصد الفروق الدقيقة في كيفية مشاركة الأطفال للانتباه مع أقرانهم والتعامل المتبادل في التفاعلات (Adamson et al., 2008). ويميز (JERI) بين المشاركة المدعومة والمنسقة مما سمح للباحثين بتقييم فعالية النموذج الأولي في تعزيز الاتصال الاجتماعي. وتم تصنيف مستويات مشاركة الأطفال لتكون عدم المشاركة والمشاركة المنخفضة والمشاركة المتوسطة والمشاركة العالية بناءً على مقياس (Likert) المتدرج من 1 إلى 7. كما تضمن الإعداد التجريبي كاميرا عمق (Intel RealSense D455) وكاميرتين (Canon RGB) تم وضعهما لرصد زوايا متعددة للغرفة. وقد ضمن هذا الأمر تغطية شاملة لتفاعلات الأطفال مع النموذج الأولي. وتم تقسيم تسجيلات الفيديو إلى مقاطع مدتها 5 ثوانٍ مما أدى إلى الحصول على أكثر من 5699 مقطعًا تم التعليق عليها من قبل اثنين من المقيمين المدربين لضمان موثوقية التقييم وتحقيق معامل ارتباط داخل الفصل بنسبة 90%. وتم حل الخلافات من خلال الإجماع. وبهدف استكمال تحليل (JERI) تم تطبيق تقنيات الرؤية الحاسوبية باستخدام مكتبة (Mediapipe) لتقدير وضع النقاط الرئيسية لأجسام وأيدي الأطفال. كما تم استخدام هذه البيانات لإنشاء متجهات مميزة من شأنها أن تساعد في تدريب نماذج التعلم الآلي للتعرف على أنماط المشاركة

### 3. النتائج الأولية

توفر نتائج هذه الدراسة رؤى باللغة الأهمية حول تصميم وتقييم أدوات اللعب التعاوني للأطفال المصابين بالتوحد. ومن خلال التحليل المنهجي للبيانات من ثلاث مراحل مميزة - الاستقصاء السياقي والتصميم المشترك، وتقييم المشاركة - يسلط هذا القسم الضوء على التفاعل بين العوامل البيئية وتفضيلات الأطفال ومستويات المشاركة. وتساهم كل مرحلة بشكل فريد في فهم وتعزيز اللعب التعاوني مما يوفر تطبيقات قيمة لتصميم أدوات قابلة للتكيف تلبي احتياجات عصبية متنوعة في سياقات أوسع. ولا تقتصر فائدة هذه النتائج على تطوير النماذج الأولية فحسب بل إنها تضع الأساس أيضًا لتوسيع نطاق هذه الأدوات لتشمل بيئات ومجموعات أخرى مما يعزز الشمول والتفاعل.

#### 3.1. الاستقصاء السياقي

كشفت مرحلة الاستقصاء السياقي (Hijab, Khattab, et al., 2024) عن رؤى أساسية حول العوامل المؤثرة على اللعب التعاوني للأطفال المصابين بالتوحد وذلك من خلال المقابلات والملاحظات شبه المنظمة

- **المقابلات شبه المنظمة:** لقد ظهرت ست موضوعات أساسية نتيجة التحليل الموضوعي للمقابلات مع المعلمين والمعالجين وأولياء الأمور والتي تم تنظيمها وفقًا لنموذج "5W-H". وكانت الموضوعات هي الجهات الفاعلة (التي تشارك في اللعب التعاوني) والموقع (أماكن مثل المدرسة والأماكن العامة) والغرض (المهارات الاجتماعية والأكاديمية ومهارات الحياة اليومية) ونوع التكنولوجيا (الأدوات التناظرية مقابل الأدوات الرقمية) والحس (الأوضاع الحسية مثل اللمس والإشارات البصرية) والعملية (دور التفاعل والتحديات وتغيير الأدوار أثناء اللعب). حيث سلط المعلمون الضوء على دور اللعب التعاوني في دعم تبادل الأدوار والتواصل والمهارات الاجتماعية. وقدم الآباء سياقًا إضافيًا حول اللعب في مختلف البيئات بما في ذلك المنزل والأماكن العامة مسلطين الضوء على أهمية السياقات الواقعية لممارسة المهارات المختلفة.

- **أنماط التفاعل والمشاركة:** ركز تصميم التفاعل على الأنشطة المشتركة التي تتطلب من طفلين العمل معًا مثل تحريك العقبات المتواجدة على الطريق أو تجميع قطع الألغاز. وكشفت الملاحظات أن الأطفال قد انتقلوا من اللعب الانفرادي إلى اللعب الموازي ووصلوا في النهاية إلى المشاركة التعاونية بتوجيه من المتخصصين. وتدعم أدوات مثل "افتح البوابة" أو "قم بإخلاء الطريق" تبادل الأدوار وحل المشكلات التعاونية وهي مهارات أساسية للعب التعاوني.

#### 3.3. تقييم المشاركة

لقد قدم تحليل المشاركة باستخدام مقياس (JERI) وبيانات (Mediapipe) رؤى كمية حول مستويات المشاركة

- **بيانات مقياس (JERI):** كشف تحليل (JERI) أن المشاركة المنخفضة كانت هي السائدة على الرغم من أن بعض المجموعات أظهرت حالات ملحوظة من المشاركة المتوسطة والعالية. وأظهرت العديد من المجموعات تفاعلات أكثر نشاطًا مما يشير إلى أن ديناميكيات المجموعة أو أنواع الأنشطة المحددة قد تعزز من المشاركة. وتشير هذه النتائج إلى مسارات محتملة لاختيار الأنشطة لزيادة المشاركة وخاصة من خلال التركيز على العناصر التي ساهمت في مستويات المشاركة المتوسطة في مجموعات مختارة.
- **بيانات (Mediapipe):** تم استخراج البيانات من (Mediapipe) وكشفت عن 146192 إطارًا. ومع ذلك فإن بعض الإطارات تتضمن بيانات طفل واحد فقط. وبعد تنقيح البيانات لضمان تحليل الإطارات الكاملة فقط، بقي 92803 إطارًا تمثل تفاعلات مشاركة موثوقة.
- **استخدم (JERI) لرسم خريطة أنماط الحركة:** يوفر هذا التحليل الأولي أساسًا لنموذج التعلم الآلي الذي يمكنه التنبؤ بمستويات المشاركة بناءً على بيانات حركة الجسم. وقد كشف ربط نتائج (JERI) ببيانات (Mediapipe) أن المجموعات التي حصلت

على درجات مشاركة أعلى أظهرت أيضًا حركات جسدية أكثر تعقيدًا مما يشير إلى وجود علاقة بين النشاط البدني ومستويات المشاركة. وأظهرت المجموعات ذات المشاركة المنخفضة السائدة حركات ديناميكية أقل مما يشير إلى وجود رابط محتمل بين انخفاض المشاركة البدنية وانخفاض جودة التفاعل. وتوضح الأنماط التي تم تحديدها في خرائط (JERI-Mediapipe) كيف يختلف تعقيد الحركة مع درجات المشاركة مما يوفر فهمًا دقيقًا لكيفية توافق التفاعل البدني للأطفال مع أداة اللعب مع جودة مشاركتهم.

#### 4. المناقشة

تدمج هذه الدراسة منهجية منظمة - الاستقصاء السياقي والتصميم المشترك وتقييم المشاركة - لإنشاء أدوات لعب تعاونية خاصة بالأطفال المصابين بالتوحد. وتعكس هذه الأدوات التي تستند إلى مبادئ المشاركة والتصميم المشترك (Druin, 1999; Sanders & Stappers, 2008) تفضيلات الأطفال وأنماط التواصل لديهم مما يوضح إمكانية معالجة احتياجات مماثلة في مجموعات أخرى متنوعة عصبيًا. كما يؤكد إدراج أدوات مثل نظام تبادل الصور للتواصل (PECS) لإشراك المشاركين غير اللفظيين (Hijab, Al-thany, et al., 2023) على قدرة هذه المنهجية على التكيف مع الأطفال ذوي احتياجات التواصل المتنوعة مثل أولئك الذين يعانون من متلازمة داون أو تأخر النطق. من الممكن تعزيز فائدة هذا الإطار عبر سياقات متعددة من خلال توسيعه ليشمل معالجة الملفات الحسية والإدراكية الأوسع بما في ذلك تلك الخاصة بأولئك الذين يعانون من اضطرابات المعالجة الحسية أو اضطراب فرط الحركة ونقص الانتباه

كما يتماشى هذا النهج مع وجهات النظر القائمة على نقاط القوة والابتعاد عن وجهات النظر الموجهة نحو أوجه النقص فيما يتعلق بالتباين العصبي (Frauenberger et al., 2013; Gillespie-Lynch et al., 2017). وتدعم هذه المنهجية إنشاء أدوات شاملة وممكنة من خلال

- التأكيد على المهارات والتفضيلات الفريدة للأطفال. كما يتمشى تصميم بيئات اللعب الشاملة حيث يتفاعل الأطفال المتباينون عصبيًا والطبيعيون بشكل هادف مع نماذج اللعب المتنوعة عصبيًا التي اقترحها (Spiel and Gerling 2021). حيث تسمح مثل هذه البيئات بالتواصل الاجتماعي مع احترام وتيرة وأسلوب كل طفل مما يوفر فرصًا للتعلم المتبادل والتعاون. كما يظهر استخدام تقييم المشاركة والجمع بين البيانات النوعية والكمية (Adamson et al., 2008; Pan et al., 2023) فاعلية نموذج قابل للتطوير لفحص أنماط المشاركة. ويمكن تكييف هذه الأساليب لدراسة مجموعات سكانية وبيئات أخرى مثل الفصول الدراسية ذات الأنماط العصبية المختلطة أو جلسات العلاج مما يضمن تحسين الأدوات لتعزيز الشمول والتفاعل

#### 4.1. أثر هذه المنهجية

تسلط النتائج المستخلصة من هذه الدراسة الضوء على رؤى عملية ذات مغزى للمعلمين والمعالجين والباحثين الذين يهدفون إلى دعم الأطفال المتباينين عصبيًا من خلال اللعب التعاوني

- للمعلمين تؤكد النتائج على أهمية الأنشطة المنظمة والقابلة للتكيف في دعم الطلاب المتباينين عصبيًا. ويسمح التصميم المعياري للنموذج الأولي "حقيقية الأشياء" والذي يعكس مبادئ التصميم المشترك (Ehn, 2008) بتخصيص الأنشطة وفقًا لاحتياجات متنوعة. ويمكن للعناصر اللمسية والسمعية على سبيل المثال دعم الطلاب الحساسين للمثيرات الحسية (Conn & Drew, 2017; Conn, 2015) في حين تكون المهام المبسطة فعالة للأطفال الذين يعانون من تأخيرات معرفية. ويمكن للمعلمين من خلال تعزيز تبادل الأدوار والتواصل والأهداف المشتركة إنشاء بيئات تعليمية شاملة وتمكين الطلاب المتباينين عصبيًا والطبيعيين من المشاركة بشكل هادف مع بعضهم البعض (Stanton-Chapman & Schmidt, 2017).

للمعالجين يمكن للمعالجين استخدام مبادئ التصميم المشترك التي تم توضيحها في هذه الدراسة لصياغة التدخلات التي تتوافق مع الاحتياجات والتفضيلات الفردية. ويمكن للمعالجين تعزيز المشاركة والتفاعل من خلال دمج استراتيجيات الاتصال مثل (Hijab, Al-Thani, et al., 2023) والأنشطة القائمة على الحركة. وتفتقر النتائج التي تفيد بأن الحركات المعقدة ترتبط بمستويات مشاركة أعلى (Pan et al., 2023) دمج الأنشطة البدنية في العلاج لتعزيز المهارات الاجتماعية مثل تبادل الأدوار والتعاون. كما تتوافق مثل هذه الاستراتيجيات مع منظور التنوع العصبي مع التركيز على نقاط القوة والتفضيلات الفردية بدلًا من أوجه النقص (Gillespie-Lynch et al., 2017). للباحثين إن قيام هذه الدراسة بالجمع بين الموضوعات النوعية مثل الأوضاع والعمليات الحسية (Clarke & JERI, 2017) والأدوات الكمية مثل مقياس (JERI, Adamson et al., 2008)) وبيانات (Mediapipe) يقدم نموذجًا قابلًا للتكرار لتحليل عملية المشاركة. ويمكن للباحثين تكييف هذه الأساليب لدراسة مجموعات عصبية متنوعة أخرى مثل الأطفال المصابين باضطراب فرط الحركة ونقص الانتباه لتحديد كيفية اختلاف أنماط المشاركة عبر السياقات. وتوفر هذه المنهجية أيضًا أساسًا لإنشاء أدوات لعب تكييفية في الوقت الفعلي مستنيرة بمزيج من مدخلات المستخدم ونماذج التعلم الآلي (Holtzblatt & Beyer, 1997). كما يمكن أن يؤدي فحص نماذج اللعب الشاملة (Spiel & Gerling, 2021) إلى تقدم البحث في مجال تعزيز التفاعلات العصبية المتنوعة في البيئات التعليمية والمجتمعية.

#### 4.2. القيود والعمل المستقبلي

تركز المنهجية المستخدمة في هذه الدراسة على التصميم المشترك الذي يشرك الأطفال المصابين بالتوحد وغير المصابين به في عملية التصميم كما أنها تكشف عن بعض القيود الموجودة. وعلى الرغم من قيمة الأفكار الناتجة إلا أنها مستمدة من سياق مشروع واحد مما يحد من إمكانية تعميم النتائج على نطاق أوسع. وعلى الرغم من أن الدراسة شملت موقعين متميزين في قطر مما يسمح بالملاحظات في بيئات مختلفة إلا أنه لم يتم تجربة قابلية هذه المنهجية للتطبيق عبر بيئات ومجموعات سكانية أكثر تنوعًا. وسيركز العمل المستقبلي على تحسين وتعزيز منهجية التصميم المشترك من خلال تقييم هيكل جلسات التصميم المشترك بشكل نقدي. ويشمل هذا الأمر ضمان أن تكون الأنشطة شاملة ومصممة لاستيعاب الاحتياجات الحسية المتنوعة وأنماط الاتصال. وتهدف التعديلات إلى جعل المنهجية أكثر مرونة وقابلية للتكيف مع مجموعة أوسع من المشاركين والسياقات مع الحفاظ على التركيز الأساسي على التعاون الحقيقي. كما سيعمل البحث المستقبلي على توسيع نطاق تطبيق وتقييم النماذج الأولية المصممة بشكل مشترك في مجموعات فرعية أخرى من مجتمع التوحد. ويستلزم هذا الأمر تقييم فعالية الأدوات وقدرتها على التكيف في بيئات متنوعة مما يساهم في فهم أعمق لكيفية تطبيق مبادئ ونتائج التصميم المشترك على نطاق واسع. وتعد هذه الجهود ضرورية لتعزيز ممارسات التصميم الشامل وضمان إمكانية الوصول إلى أساليب وأدوات التصميم المشترك وتأثيرها في سياقات ومجموعات سكانية مختلفة

#### 5. الخاتمة

أثبتت هذه الدراسة الإمكانيات الكامنة في منهجية التصميم المشترك لتعزيز اللعب التعاوني بين الأطفال المصابين بالتوحد باستخدام أدوات منظمة وتفاعلية لتعزيز المشاركة. وقد حددنا من خلال الاستقصاء السياقي وورش العمل المشتركة وتقييم المشاركة طرقًا فعالة لتعزيز تبادل الأدوار والاهتمام المشترك. وأظهرت الملاحظات أن البيئات المنظمة وأدوات اللعب المصممة خصيصًا قد ساهمت بشكل إيجابي في رفع مستويات المشاركة حيث أشارت خريطة درجات (JERI) و (Mediapipe) إلى وجود علاقة بين التفاعل الجسدي والمشاركة المستدامة. وسوف تركز الأعمال المستقبلية على الانتهاء من تقييم المشاركة وبناء نموذج التعلم الآلي لمساعدة المتخصصين على فهم المشاركة بشكل أفضل في مجال لعب الأطفال المصابين بالتوحد وتعزيز قدرتنا على دعم بيئات اللعب الشاملة والجذابة

#### شكر وتقدير.

يود المؤلفون أن يشكروا جميع المشاركين المتطوعين الذين ساهموا بوقتهم وجهدهم أثناء جلسات المقابلة. وقد أصبحت هذه الدراسة ممكنة بفضل منحة NPRP رقم 200027-0108-13S NPRP من صندوق قطر الوطني للبحث العلمي (عضو في مؤسسة قطر)

23. Hijab, M. H. F., Banire, B., Neves, J., Qaraqe, M., Othman, A., & Al-Thani, D. (2023). Co-design of Technology Involving Autistic Children: A Systematic Literature Review. *International Journal of Human-Computer Interaction*. <https://doi.org/10.1080/10447318.2023.2266248>
24. Hijab, M. H. F., Khattab, S., Al Aswadi, N., Neves, J., Qaraqe, M., Othman, A., Alsulaiti, N., & Al-Thani, D. (2024). The what, where, who, why, which, and how of collaborative play involving autistic children in educational context: A contextual inquiry. *Frontiers in Education*, 9. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/educ.2024.1273757>
25. Holtzblatt, K., & Beyer, H. (1997). *Contextual design: Defining customer-centered systems*. Elsevier.
26. Jeanes, R., & Magee, J. (2012). 'Can we play on the swings and roundabouts?': Creating inclusive play spaces for disabled young people and their families. *Leisure Studies*, 31(2), 193–210. <https://doi.org/10.1080/02614367.2011.589864>
27. Khatab, S., Hassan Fadi Hijab, M., Othman, A., & Al-Thani, D. (2024). Collaborative play for autistic children: A systematic literature review. *Entertainment Computing*, 50, 100653. <https://doi.org/10.1016/j.ent-com.2024.100653>
28. Mechelen, M. V., Zaman, B., Bleumers, L., & Mariën, I. (2019). Designing the Internet of Toys for and with Children: A Participatory Design Case Study. In *The Internet of Toys*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-10898-4>
29. Pan, Y., Chen, B., Liu, W., Cheng, M., Zou, X., Zhang, D., & Li, M. (2023). Assessing joint engagement between children with Autism spectrum disorder and their parents during the home intervention sessions from the expressive language aspect. *Authorea Preprints*.
17. Giraud, T., Ravenet, B., Tai Dang, C., Nadel, J., Prigent, E., Poli, G., Andre, E., & Martin, J. C. (2021). 'Can you help me move this over there?': Training children with ASD to joint action through tangible interaction and virtual agent. *TEI 2021 - Proceedings of the 15th International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction*, February. <https://doi.org/10.1145/3430524.3440646>
18. Gray, P. (2017). What exactly is play, and why is it such a powerful vehicle for learning? *Topics in Language Disorders*, 37(3), 217–228. <https://doi.org/10.1097/TLD.0000000000000130>
19. Heasman, B., & Gillespie, A. (2019). Neurodivergent intersubjectivity: Distinctive features of how autistic people create shared understanding. *Autism*, 23(4), 910–921. <https://doi.org/10.1177/1362361318785172>
20. Hijab, M. H. F., Al Aswadi, N., Khatab, S., Al-Thani, D., Neves, J., Qaraqe, M., Othman, A., & Alsulaiti, N. (2024). Co-design a Multi-sensory Tool to Support Collaborative Play with and for Autistic Children: A Methodological Approach. In A. Bramwell-Dicks, A. Evans, M. Winckler, H. Petrie, & J. Abdelnour-Nocera (Eds.), *Design for Equality and Justice* (pp. 139–145). Springer Nature Switzerland. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-61688-4\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-031-61688-4_13)
21. Hijab, M. H. F., Al-Thani, D., & Banire, B. (2021). A Multimodal Messaging App (MAAN) for Adults With Autism Spectrum Disorder: Mixed Methods Evaluation Study. *JMIR Formative Research*, 5(12), e33123. <https://doi.org/10.2196/33123>
22. Hijab, M. H. F., Al-Thani, D., Neves, J., Al Aswadi, N., & Khatab, S. (2023). Toward a Toolkit for Co-designing Collaborative Play Tool with and for Autistic Children. In X. Fang (Ed.), *HCI in Games* (pp. 114–132). Springer Nature Switzerland. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-35930-9\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-031-35930-9_9)

- المراجع**
1. Adamson, L. B., Bakeman, R., & Deckner, D. F. (2004). The Development of Symbol-Infused Joint Engagement. *Child Development*, 75(4), 1171–1187. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2004.00732.x>
  2. Adamson, L. B., Bakeman, R., Deckner, D. F., & Ronski, M. (2008). Joint Engagement and the Emergence of Language in Children with Autism and Down Syndrome. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 39(1), 84. <https://doi.org/10.1007/s10803-008-0601-7>
  3. Alhumaidan, H., Lo, K. P. Y., & Selby, A. (2018). Co-designing with children a collaborative augmented reality book based on a primary school textbook. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 15, 24–36. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2017.11.005>
  4. Clarke, V., & Braun, V. (2017). Thematic analysis. *Journal of Positive Psychology*, 12(3), 297–298. <https://doi.org/10.1080/17439760.2016.1262613>
  5. Conn, C. (2015). 'Sensory highs', 'vivid rememberings' and 'interactive stimming': Children's play cultures and experiences of friendship in autistic autobiographies. *Disability & Society*, 30(8), 1192–1206. <https://doi.org/10.1080/09687599.2015.1081094>
  6. Conn, C., & Drew, S. (2017). Sibling narratives of autistic play culture. *Disability & Society*, 32(6), 853–867. <https://doi.org/10.1080/09687599.2017.1321526>
  7. Druin, A. (1999). Cooperative inquiry: Developing new technologies for children with children. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems the CHI Is the Limit - CHI '99*, 592–599. <https://doi.org/10.1145/302979.303166>
  8. Druin, A. (2002). The role of children in the design of new technology. *Behaviour & Information Technology*, 21(1), 1–25.
  9. Ehn, P. (2008). Participation in Design Things. *Participatory Design Conference (PDC)*. <https://doi.org/10.7551/mitpress/8262.003.0011>
  10. Fage, C. (2015). An Emotion Regulation App for School Inclusion of Children with ASD: Design Principles and Preliminary Results for Its Evaluation. *ACM SIGACCESS Accessibility and Computing Newsletter*, 112, 8–15.
  11. Fahy, S., Delicâte, N., & Lynch, H. (2021). Now, being, occupational: Outdoor play and children with autism. *Journal of Occupational Science*, 28(1), 114–132. <https://doi.org/10.1080/14427591.2020.1816207>
  12. Frauenberger, C., Good, J., Alcorn, A., & Pain, H. (2013). Conversing through and about technologies: Design critique as an opportunity to engage children with autism and broaden research(er) perspectives. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 1(2), 38–49. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2013.02.001>
  13. Frauenberger, C., Good, J., & Keay-Bright, W. (2011). Designing technology for children with special needs: Bridging perspectives through participatory design. *CoDesign*, 7(1), 1–28. <https://doi.org/10.1080/15710882.2011.587013>
  14. Frauenberger, C., Kender, K., Scheepmaker, L., Werner, K., & Spiel, K. (2020). Designing Social Play Things. *ACM International Conference Proceeding Series*. <https://doi.org/10.1145/3419249.3420121>
  15. Frauenberger, C., Makhaeva, J., & Spiel, K. (2017). Blending Methods: Developing Participatory Design Sessions for Autistic Children. *Proceedings of the 2017 Conference on Interaction Design and Children*, 39–49. <https://doi.org/10.1145/3078072.3079727>
  16. Gillespie-Lynch, K., Kapp, S. K., Brooks, P. J., Pickens, J., & Schwartzman, B. (2017). Whose Expertise Is It? Evidence for Autistic Adults as Critical Autism Experts. *Frontiers in Psychology*, 8. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2017.00438>

## مترجم افتراضي قائم على التعلم الفيدرالي (الموزع) للتعرف على لغة الإشارة العربية في المدن الذكية

**أمجد البشيرة**

قسم علوم الحاسوب،  
الجامعة الأردنية، عمان، الأردن  
amalbashayreh20@cit.just.edu.jo

**أحمد الزعبي**

قسم علوم الحاسوب، جامعة العلوم  
والتكنولوجيا الأردنية، إربد، الأردن  
agalzubi@just.edu.jo

**لجين بني يونس**

قسم علوم الحاسوب، جامعة العلوم  
والتكنولوجيا الأردنية، إربد، الأردن  
lhbaniyounis19@cit.just.edu.jo

**توفيق الحضرمي**

كلية العلوم والتكنولوجيا،  
جامعة نوتنجهام ترينت،  
نوتنجهام، المملكة المتحدة  
tawfik.al-hadhrami@ntu.ac.uk

30. Read, J. C., Horton, M., Fitton, D., & Sim, G. (2017). Empowered and Informed: Participation of Children in HCI. In R. Bernhaupt, G. Dalvi, A. Joshi, D. K. Balkrishan, J. O'Neill, & M. Winckler (Eds.), *Human-Computer Interaction—INTERACT 2017* (pp. 431–446). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-67684-5\\_27](https://doi.org/10.1007/978-3-319-67684-5_27)
31. Ruble, L. A., & Robson, D. M. (2007). Individual and Environmental Determinants of Engagement in Autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 37(8), 1457–1468. <https://doi.org/10.1007/s10803-006-0222-y>
32. Sanders, E. B.-N., & Stappers, P. J. (2008). Co-creation and the new landscapes of design. *CoDesign*, 4(1), 5–18. <https://doi.org/10.1080/15710880701875068>
33. Spiel, K., & Gerling, K. (2021). The Purpose of Play: How HCI Games Research Fails Neurodivergent Populations. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 28(2), 1–40. <https://doi.org/10.1145/3432245>
34. Stanton-Chapman, T. L., & Schmidt, E. L. (2017). Creating an Inclusive Playground for Children of All Abilities: West Fork Playground in Cincinnati, Ohio. *Children, Youth and Environments*, 27(3), 124–137.
35. Weisberg, D. S., Zosh, J. M., Hirsh-Pasek, K., & Golinkoff, R. M. (2013). Talking it up: Play, language, and the role of adult support. *Journal of Play*, 6(1), 39–54. Gould, J., Yeates, S. R., & Brierley, 77). Symbolic play in severely mentored and in autistic children. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, and disciplines*, 18(2), 167–178. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1977.tb00426.x>



**الملخص:** تتميز لغة الإشارة العربية بقواعد نحوية وتركيبية منظمة مما يستلزم الالتزام بهذه القواعد في توليد لغة الإشارة الآلية للأشخاص ذوي الإعاقة. وبالتالي فإن التوليد الفعال للغة الإشارة يعتمد بشكل كبير على استخدام المؤشر الافتراضي ثلاثي الأبعاد. وتقدم هذه الورقة إطارًا رائدًا يستخدم التعلم الفيدرالي لتطوير مترجم افتراضي للغة الإشارة العربية بهدف تعزيز إمكانية النفاذ والتواصل لمجتمع الصم في المدن الذكية. ويضع النموذج المقترح خط الأساس لتسهيل إنشاء تطبيقات مبتكرة تولد ترجمة دقيقة للغة الإشارة من حيث السياق والقواعد النحوية. ويحافظ هذا الإطار من خلال استخدام التعلم العميق الفيدرالي على خصوصية المستخدم مع السماح بالتحسين المستمر لأداء المترجم. ويهدف هذا النموذج إلى تعزيز الشمول والتكنولوجيا المساعدة من خلال دمج لغة الإشارة في الحلول التكنولوجية الحضرية.

## 1. المقدمة

تعتمد المدن الذكية على أجهزة استشعار إنترنت الأشياء (IoT) لجمع البيانات وهي تدعم مجموعة من التطبيقات في مجالات تشمل الخدمات العامة وإدارة الموارد والاتصالات (Zheng et al., 2022). كما تقدم المدن الذكية حلولًا فعالة للتحديات الرئيسية مثل تطوير إنترنت الأشياء (Li et al., 2020) والرعاية الصحية (Ghazal et al., 2021) والنقل (Ushakov et al., 2022). وتنتج أجهزة وأنظمة الاتصالات (Guan et al., 2018). وتنتج أجهزة الاستشعار كميات هائلة من البيانات خلال عملية تبادل البيانات المكثفة هذه. وغالبًا ما يعتبر الصم وضعاف السمع (DHH) الذين يستخدمون لغة الإشارة بشكل أساسي أنفسهم جزءًا من أقلية لغوية وثقافية حيث يفتقرون إلى النفاذ الكامل إلى نفس الموارد اللغوية المتاحة للآخرين (Bramwell et al., 2000).

عادة ما تكون خدمات ترجمة لغة الإشارة التقليدية وتدابير إمكانية النفاذ غير قادرة على تلبية احتياجات الأشخاص ذوي الإعاقة البصرية وخاصة في المناطق غير الغربية (Othman et al., 2024). ويقدم المؤشرون "المترجمون" الافتراضيون العاملين بالذكاء الاصطناعي حلًا واعدًا لسد فجوة إمكانية النفاذ هذه في المدن الذكية. ويمكن للمترجم الافتراضي أن يعزز دمج لغة الإشارة وظهورها ضمن المحتوى الرقمي والخدمات العامة مما يخلق بيئات حضرية أكثر قابلية للنفاذ. ومن خلال دمج المترجم الافتراضي للغة الإشارة في البنية التحتية للمدينة الذكية سيكون بإمكان الأشخاص ذوي الإعاقة البصرية التمتع بالنفاذ إلى الاتصالات في مجالات مثل النقل والرعاية الصحية والمعلومات العامة مما يعزز الهوية الثقافية واللغوية لمجتمعات الصم على مستوى العالم.

إن التعلم الفيدرالي هو نهج لامركزي للتعلم الآلي يمكن أجهزة أو كيانات متعددة من تدريب نموذج مشترك بشكل تعاوني مع الاحتفاظ بالبيانات مخزنة محليًا (Kairouz et al., 2021). كما أن استخدام الشخصيات الافتراضية في المدن الذكية التي تستفيد من التعلم الفيدرالي يمكنها من أن تصبح أكثر تكيفًا مع احتياجات المستخدم مع الحفاظ على خصوصيته. وبهذه الطريقة تعمل كل شخصية افتراضية محليًا على جهاز المستخدم أو داخل بيئة معينة مثل كشك عام أو مركز رعاية صحية وفق بياناتها الفريدة والخاصة. فعلى سبيل المثال يمكن للشخصيات الافتراضية التي تخدم الصم وضعاف السمع معالجة المعلومات المحلية للرد على استفسارات المستخدم أو ترجمة لغة الإشارة أو تقديم إرشادات في التنقل ويتم كل ذلك مع تخزين بيانات التفاعل الحساسة هذه محليًا.

نقدم في هذه الورقة نموذجًا أوليًا للشخصية الافتراضية العربية الواقعية التي تترجم لغة الإشارة العربية (ArSL) في أنظمة المدن الذكية مع الحفاظ على الكفاءة والدقة والخصوصية والأمان. وتقوم الشخصية الافتراضية القائمة على التعلم الفيدرالي بإلغاء الحاجة إلى مشاركة البيانات الخام مع خادم مركزي. وبدلاً من ذلك، فهي تقوم بمعالجة البيانات المحلية للتعلم والتكيف وتحديث النماذج لتتماشى مع تفضيلات واحتياجات كل مستخدم. وترسل كل شخصية افتراضية بشكل دوري تحديثات النموذج مثل الأوزان أو الميزات المحدثة إلى مجمع مركزي. ويقوم هذا المجمع بالجمع بين هذه التحديثات لتطوير نموذج عالمي يتم توزيعه بعد ذلك مرة أخرى على الشخصيات الافتراضية. ويتيح هذا الأمر دمج المعرفة الجماعية لجميع المستخدمين مع ضمان عدم تبادل المعلومات الشخصية أبدًا. كما تسمح هذه التقنية التعاونية لكل شخصية افتراضية بتحسين الدقة والوعي السياقي بمرور الوقت. فمن الممكن على سبيل المثال للشخصية الافتراضية التي تخدم الصم وضعاف السمع في المستشفى أن تتعلم كيفية تفسير التعليمات الطبية في حين يمكن لشخصية افتراضية تعمل في مركز النقل أن تعزز قدرتها على تقديم إرشادات التنقل في الوقت الفعلي. ويمكن للشخصيات الافتراضية كنتيجة لعملية التعلم الفيدرالية اكتساب المعرفة في مجموعة متنوعة من الظروف والاستفادة من الخبرات في بيئات متعددة.

تم تقسيم الجزء المتبقي من هذه الورقة على النحو التالي: يسلط القسم 2 الضوء على الفوائد الرئيسية لاستخدام التعلم الفيدرالي في لغة الإشارة العربية. ويستعرض القسم 3 الأعمال ذات الصلة القائمة على الشخصية الافتراضية. ويقدم القسم 4 هيكل الشخصية الافتراضية المقترحة للغة الإشارة العربية في المدن الذكية. ويوضح القسم 5 إطار اتصال الشخصية الافتراضية ويناقش القسم 6 نتائج المحاكاة التجريبية ليختتم القسم 7 أخيراً هذا العمل.

**الكلمات الرئيسية:** لغة الإشارة العربية؛ التعلم العميق الفيدرالي؛ إمكانية النفاذ؛ الشخصية الافتراضية؛ المدينة الذكية.

استجابات أكثر دقة. وتمكن التحديثات في الوقت الفعلي النموذج من الاستجابة للمواقف المتغيرة مثل توفير تحديثات الطقس أو حركة المرور في الوقت المناسب بناءً على الظروف الفعلية للمدينة وبالتالي تعزيز دقة الدليل.

## 2.2. تحسين التكيف وإمكانية النفاذ في الوقت الفعلي

يتمثل الهدف هنا في تقديم مساعدة سريعة وتسهيل من الموارد المتاحة وأكثر استجابة للمستخدمين. ويتم تحقيق ذلك من خلال دمج الحوسبة الطرفية مع التعلم الفيدرالي مما يتيح للشخصيات الافتراضية العمل بزمان أقل واستهلاك أقل للنطاق الترددي واستخدام محسن للموارد. ومن خلال معالجة البيانات على الأجهزة الطرفية المحلية مثل الخوادم القريبة أو أجهزة المستخدم يمكن للشخصية الافتراضية القائمة على التعلم الفيدرالي تجنب التأخيرات الناجمة عن معالجة السحابة المركزية وتقديم استجابات أسرع وردود فعل في الوقت الفعلي. ويمكن الوصول إلى البيانات المتعلقة بالظروف المحلية مثل حركة المرور أو جداول النقل العام على الفور مما يسمح للشخصية الافتراضية بتوفير أسرع طريق للعودة إلى المنزل إذا لزم الأمر. ومع ذلك فقد يحدث إفراط في استخدام الوقت والبيانات للاتصال في مثل هذه السيناريوهات بسبب الحجم الكبير المحتمل لتحديثات النموذج المرسل إلى الخادم المركزي وخاصة عند التعامل مع النماذج المعقدة. كما يمكن أن يتسبب العدد الكبير من العملاء في تكاليف إضافية حيث أن كل عميل يرسل تحديثاته قد يسبب زيادة حركة المرور على الشبكة بشكل كبير. وقد يساهم عدم تجانس البيانات أيضًا في هذه المشكلة حيث يمكن أن تؤدي الاختلافات في البيانات عبر العملاء إلى تعقيد عملية التجميع.

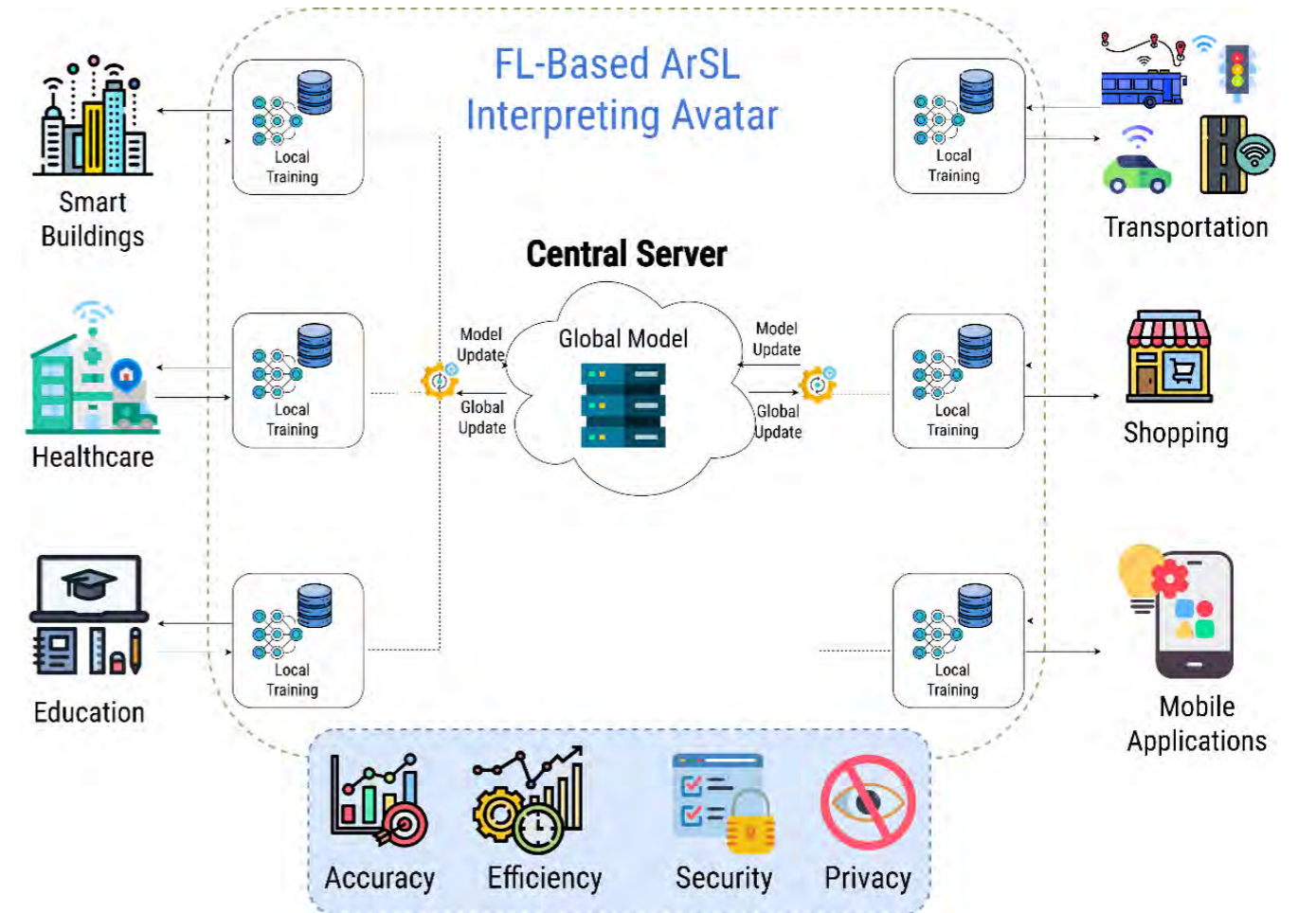
## 2.1. دقة أفضل للترجمة

ويعني هذا قدرة الشخصية الافتراضية على تقديم استجابات ذات صلة ودقيقة ومناسبة سياقيًا لاحتياجات كل مستخدم (Garcia et al., 2023). حيث يمكن للشخصية الافتراضية الدقيقة فهم نية المستخدم سواء كانت تترجم لغة الإشارة أو تقدم المساعدة في حالات الطوارئ أو تساعد في التنقل في المدينة. ويسمح التكيف السياقي للشخصية الافتراضية بتخصيص استجاباتها بناءً على موقع المستخدم أو تفاعلاته الأخيرة أو احتياجاته الفريدة. ويحسن التعلم الفيدرالي هذه الدقة من خلال تمكين الشخصية الافتراضية من التعلم من التفاعلات المحلية عبر أجهزة مختلفة بدلاً من مركزية البيانات (Pandya et al., 2023). ورغم ذلك فإنه يمكن للعديد من القضايا أن تؤثر بشكل كبير على فعالية التطبيقات المختلفة في هذا المجال في المدن الذكية مثل إدارة المرور والسلامة العامة. وتساهم في هذه التحديات عوامل متعددة مثل عدم تجانس البيانات ونُدرة البيانات ومشاركة العملاء المتغيرة وقيود على الموارد الواردة من أجهزة إنترنت الأشياء. فغالبًا ما تؤدي البيانات غير المتسقة الواردة من مصادر متنوعة إلى جانب البيانات الديناميكية التي يمكن أن تتغير بسرعة إلى توزيعات بيانات غير مستقلة وغير موزعة بشكل متطابق (IID) وفجوات في بيانات التدريب مما يؤدي إلى الحصول على نماذج لا تعكس ظروف المدينة بدقة.

يهدف النموذج المقترح القائم على التعلم الفيدرالي إلى معالجة هذه التحديات من خلال تعزيز تكامل البيانات من خلال توحيد المدخلات من مصادر مختلفة وتنفيذ تقنية التعلم اللامركزي التكيفي التي تضبط النماذج بناءً على الظروف المحلية. كما أنه يسهل التجميع الهرمي للعملاء بناءً على المناطق الجغرافية أو الخدمات مما يسمح بتدريب نموذج موجه بشكل أفضل. وعلاوة على ذلك يستخدم هذا النموذج تقنيات التجميع القوية لتعزيز مرونة النموذج العالمي مما يضمن دقته على الرغم من الطبيعة المتنوعة والديناميكية لمصادر البيانات في المدن الذكية. كما تعزز قدرة النموذج على التعرف على اللهجة العربية وتفسيرها بدقة من دقته الإجمالية من خلال تحسين استجابته للاحتياجات الفريدة لمجتمع الصم الناطقين بالعربية. وتعمل عملية التحسين المستمر هذه على تعزيز فهم النموذج مما يؤدي إلى

## 2. فوائد التعلم الفيدرالي للغة الإشارة العربية في المدن الذكية

يوفر تبني نموذج التعلم الفيدرالي للغة الإشارة العربية في المدن الذكية العديد من المزايا بما في ذلك الأداء المحسن وإمكانية النفاذ والتكيف في الوقت الفعلي وتعزيز الخصوصية وقابلية التوسع والتعلم التعاوني. ويوضح الشكل 1 مزايا استخدام الشخصية الافتراضية القائمة على لغة الإشارة العربية في المدن الذكية والتي سيتم مناقشتها بمزيد من التفصيل في الأقسام الفرعية التالية.



الشكل 1. نموذج عام للتعلم الفيدرالي في المدن الذكية.



يوفر نموذجنا المقترح القائم على التعلم الفيدرالي تطورات ملحوظة مقارنة بالأنظمة الحالية بما في ذلك تعزيز الخصوصية وتنوع في اللهجات بشكل أكبر وتحسين إمكانية النفاذ والقدرة على التكيف بشكل أفضل عبر مختلف القطاعات. ويتم تدريب نموذجنا على البيانات اللامركزية من خلال التعلم الفيدرالي على عكس الأنظمة المركزية التقليدية التي تعالج بيانات المستخدم على منصات سحابية وتكشف عن معلومات حساسة. ويضمن هذا الأمر الحفاظ على الخصوصية بشكل كبير مع تحسين قدرات الترجمة باستمرار. كما تم تصميمه للتفاعل بسلاسة عبر منصات وقطاعات مختلفة في المدن الذكية مما يضع معياراً جديداً للتواصل الشامل وإمكانية النفاذ لمجتمع الصم الناطقين باللغة العربية. وبالمقارنة تقدم أنظمة "إشارة" و"بوحمد" (Mind Rockets) حلولاً محلية قوية ولكنها قد تفتقر إلى جوانب التكيف والخصوصية الواسعة التي يوفرها نموذجنا. فقد تم تصميمه للتفاعلات التكميلية والواعية للسياق حيث يقوم بتخصيص مظهره بناءً على القطاع المحدد (مثل الطب وخدمة العملاء والنقل). ويضمن هذا أن نموذجنا ليس صحيحاً لغويًا فحسب بل إنه مناسب للسياق أيضًا. وتعتمد الأنظمة الحالية على تصميمات ثابتة تفتقر إلى القدرة على التكيف مع القطاعات المختلفة مما يقلل من فعاليتها في تطبيقات المدن الذكية المتنوعة.

ويعد نظام الشخصية الافتراضية "إشارة" (إشارة، 2024) تقدماً كبيراً آخر في مجال ترجمة لغة الإشارة العربية. ويترجم هذا النظام لغة الإشارة العربية إلى نص مكتوب أو منطوق وبالعكس عبر لهجات متعددة. ويركز "إشارة" على الاتصال ثنائي الاتجاه مما يجعله قادرًا على ترجمة إيماءات لغة الإشارة إلى نص وترجمة النص إلى لغة الإشارة من خلال شخصية افتراضية متحركة. ويتوفر الآن تطبيق ويب فقط لهذا النظام الذي لا يزال جديدًا نسبيًا.

إن الشخصية الافتراضية "بوحمد" (Othman & El Ghouli, 2022) هي ابتكار قطري يترجم النص إلى لغة الإشارة القطرية. وقد لاقت هذه الشخصية الافتراضية قبولاً واسعاً من قبل مجتمع الصم المحلي مع ملاءمتها ذات الأهمية الثقافية (العترة والثوب) ورسومها المتحركة الواقعية للغاية. وهي شخصية مدعومة بهندسة سحابية متطورة تمكنها من الاستجابة الفعالة في الوقت الفعلي حتى في بيئات النطاق الترددي المنخفض. وهي تعطي الأولوية للأهمية الثقافية وإمكانية النفاذ وتعمل كجسر بين مجتمعي السمع والصم في قطر. وتتضمن بنيتها مكونات لترجمة النص العربي إلى إيماءات رسومية بلغة الإشارة وقاعدة بيانات من الإشارات والعبارات التوضيحية. ويزيد من روعة هذه الشخصية كل من تصميمها الواقعي وكفاءتها السحابية وتكاملها الثقافي. إن أحد القيود الأساسية على هذه الشخصية هي أنها متاحة باللهجة القطرية فقط مع مشكلات توسع محتملة في المناطق الأخرى الناطقة باللغة العربية.

يتيح نموذج الاتصال المقترح القائم على التعلم الفيدرالي توزيع الشخصيات الافتراضية باستخدام تقنيات الحفاظ على الخصوصية التي تشارك فقط تحديثات النموذج المجهولة بدلاً من البيانات الخام وبالتالي تقليل انتشار البيانات. كما تحمي قنوات الاتصال المشفرة بين الشخصيات الافتراضية جميع التفاعلات بينما تسمح إدارة البيانات اللامركزية لكل شخصية افتراضية بالتحكم في البيانات محلياً مما يعزز الخصوصية. وهكذا فإن هذه التقنية تحترم قواعد الخصوصية وتحافظ أيضاً على ثقة المستخدم من خلال ضمان التعامل مع البيانات الحساسة بأمان على المستوى المحلي. علاوة على ذلك يحافظ إطار التعلم الفيدرالي المقترح على الأمان من خلال تقييد تأثير الهجمات المحتملة على مناطق محددة بدلاً من تأثيرها على النظام بأكمله حيث يمكن إعطاء التحديثات المنتظمة وتحديثات الأمان مباشرة لكل شخصية افتراضية مما يضمن حمايتها المستمرة دون الاعتماد على نظام مركزي لمهام الأمان الحرجة.

### 3. الأعمال ذات صلة

تم تطوير أنظمة الشخصيات الافتراضية المختلفة لتعزيز إمكانية النفاذ في مجالات التعليم والتواصل والتفاعلات في الوقت الفعلي للأشخاص ذوي الإعاقة وخاصة في المجتمع الناطق باللغة العربية. وتختلف هذه الشخصيات الافتراضية في الوظائف والتركيز والتكنولوجيات الأساسية. وقد تم تصميم عدد قليل فقط من هذه الشخصيات الافتراضية بشكل خاص لمعالجة مشكلات الاتصال مع الأشخاص الصم أو ضعاف السمع.

وتقدم (Mindrockets, 2024) شخصيات افتراضية لترجمة النص إلى لغة الإشارة العربية ولغات الإشارة الأخرى. وتعد هذه الشخصيات الافتراضية خفيفة ويمكن دمجها بسهولة في مواقع الويب مع التركيز على إمكانية النفاذ للصم وغيرهم من الأشخاص ذوي الإعاقة مثل أولئك الذين يعانون من اضطراب نقص الانتباه وفرط النشاط (ADHD) أو عسر القراءة. وتتمثل المزايا الأساسية لشخصيات (Mind Rockets) الافتراضية في تغطيتها الواسعة للإعاقات وسهولة تكاملها وتوافقها مع مواقع الويب وتطبيقات الهاتف المحمول والمنصات الرقمية الأخرى. ومع ذلك فقدرتها محصورة على ترجمة النصوص إلى إشارات.

يعالج النموذج المقترح هذه التحديات ويحقق كفاءة عالية من خلال تقليل حجم تحديثات النموذج (على سبيل المثال، الأوزان والتدرجات) المرسل إلى الخادم المركزي وبالتالي تقليل متطلبات النطاق الترددي بشكل كبير. كما يسمح استخدام التعلم الفيدرالي غير المتزامن (Xu et al., 2023) بمعالجة التحديثات من العملاء بشكل فردي مع تقليل وقت الانتظار ومنع زيادة حركة المرور على الشبكة. ويضمن هذا النهج لمشاركة البيانات الانتقائية أن يظل النموذج خفيفاً وفعالاً مع الاستفادة من تجارب المستخدمين المشتركة في جميع أنحاء المدينة. وبالتالي فإن التعلم الفيدرالي يجعل من الممكن تحسين نماذج لغة الإشارة العربية باستمرار من خلال التكيف المحلي وردود الفعل الموزعة للمستخدمين. ويخلق هذا الأمر لمستخدمي لغة الإشارة بيئات متنوعة في المدينة الذكية تكون أكثر شمولاً وتعمل على تحسين التفاعل والتواصل. كما تسمح الطبيعة اللامركزية للتعلم الفيدرالي للنموذج بالتكيف مع اللهجات الإقليمية وتفضيلات المستخدم والاحتياجات المحددة في الوقت الفعلي مما يجعله أكثر فعالية في البيئات الحضرية المتنوعة.

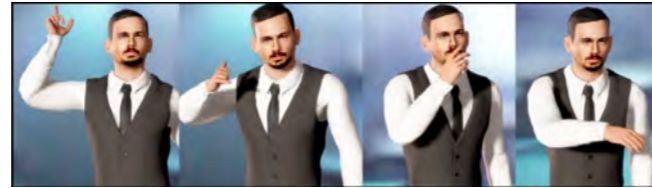
### 2.3. الحفاظ على الخصوصية والأمان

تعد قدرة التعلم الفيدرالي على الحفاظ على الخصوصية إحدى فوائده الرئيسية. ويتحقق ذلك من خلال استخدام التعلم الفيدرالي والحوسبة الطرفية من قبل الشخصيات الافتراضية المنتشرة في المدن الذكية. وتسمح هذه الطريقة للشخصيات الافتراضية بمعالجة البيانات المحلية والتعلم منها في مناطقها المخصصة مما يضمن بقاء المعلومات الحساسة داخل البيئة المحلية بدلاً من نقلها إلى خادم مركزي. ومع ذلك فإن تسرب المعلومات يمثل مصدر قلق كبير في المدن الذكية التي تعتمد على أنظمة التعلم الفيدرالي حيث قد يستخدم المتسللون استراتيجيات مثل تسميم النموذج أو تسميم البيانات للاستفادة من نقاط الضعف. كما يمكن لخوارزميات مثل الانحدار التدريجي تسريب معلومات المستخدم الحساسة مما يعرض نظام التعلم الفيدرالي لمزيد من الهجمات المحتملة (Pandya et al., 2023).



الشكل 3. تعابير الوجه الأمامي للشخصية الافتراضية (يسار) والوجه ثلاثي الأبعاد (يمين).

والتي تعد حيوية لنقل التفاصيل الدقيقة والعواطف كما هو موضح في الشكل 2. كما تهدف الشخصية الافتراضية القائمة على التعلم الفيدرالي إلى العمل بسلاسة عبر مجموعة متنوعة من المنصات بما في ذلك الهواتف المحمولة ومتصفحات الويب والساعات الذكية مع الحفاظ على الأداء على اتصالات الإنترنت منخفضة السرعة والقدرات الرسومية المحدودة. ومن المطلوب هنا تحقيق التوافق بين الأنظمة الأساسية وقدرات الاستجابة في الوقت الفعلي للتنفيذ الناجح في المدينة الذكية.



الشكل 2. عرض لملاحم الجسم التعبيرية للشخصية الافتراضية.

يمثل النموذج المقترح للمترجم الافتراضي القائم على التعلم الفيدرالي تحسناً واعداً في ترجمة لغة الإشارة القائمة على الشخصية الافتراضية من خلال الجمع بين النمذجة اللغوية المتقدمة والتعلم الفيدرالي ومعالجة أهداف الخصوصية وصحة اللهجة والتشغيل الفعال الذي تتطلبه تطبيقات المدن الذكية. ويهدف نموذج لغة الإشارة القائمة على التعلم الفيدرالي إلى وضع معيار جديد للتواصل القابل للنفاذ من خلال تعزيز بيئة حضرية أكثر شمولاً لمجتمع الصم الناطقين باللغة العربية. وبغرض تحريك الشخصية الافتراضية ثلاثية الأبعاد فإننا نستخدم مكونين مختلفين يحسان تصويرها المرئي على النحو التالي:

#### الرسوم المتحركة القائمة على الهيكل العظمي

نقدم للمترجم الافتراضي للغة الإشارة القائم على التعلم الفيدرالي هيكلًا عظميًا ما يسمح بالتحكم الدقيق في حركات الجسم. وقد قمنا بتغليف هيكل الشخصية الافتراضية بدقة بالجلد ليتماشى مع التحولات الصلبة لكل عظمة في الهيكل العظمي. وتضمن هذه التقنية أنه عند تعديل حركة الهيكل سيتم تعديل الشبكة المطابقة بسلاسة مما يسمح بتنفيذ إيماءات الجسم واليد الضرورية للتواصل الفعال في أنظمة لغة الإشارة بشكل طبيعي.

| بو حمد                      | مايند روكيت (Mind Rockets)               | إشارة  | الشخصية القائمة على التعلم الفيدرالي          |
|-----------------------------|--|--|---|
| الفئة المستهدفة             | مجتمع الصم القطري                        | مجتمع الصم العام والعربي                           | مجتمع الصم العرب                              |
| دعم اللهجة                  | مقتصر على لغة الإشارة القطرية            | لهجات ولغات متعددة                                 | اللهجات والتعبيرات العربية المتنوعة           |
| الأهمية الثقافية والإقليمية | مقتصر على لغة الإشارة القطرية            | لهجات ولغات متعددة                                 | اللهجات والتعبيرات العربية المتنوعة           |
| الخصوصية والأمان            | أهمية ثقافية قوية                        | تخصيص ثقافي محدود                                  | التصميم التكميلي والزبي الرسمي الخاص بالمنطقة |
| تعبيرات الوجه والإيماءات    | تصميم ثابت لشخصية افتراضية للسياق القطري | شخصيات افتراضية ثابتة قابلة للتكيف مع منصات مختلفة | شخصيات افتراضية تكيفية بناءً على القطاع       |
| توافق المنصة                | إيماءات ثلاثية الأبعاد واقعية            | إيماءات لغة الإشارة القياسية                       | ملاحم الوجه المعبرة والإيماءات الدقيقة        |

الجدول 1. ملخص للشخصيات الافتراضية المستندة إلى التعلم الفيدرالي مقارنة بالشخصيات الافتراضية ذات الصلة في لغة الإشارة العربية.

#### 4. هيكل الشخصية الافتراضية

يتضمن الإطار المقترح القائم على لغة الإشارة شخصية افتراضية عربية واقعية تم تطويرها لتسهيل ترجمة لغة الإشارة العربية في أنظمة المدن الذكية مع التركيز على الكفاءة والدقة والخصوصية. وتنطوي ترجمة لغة الإشارة العربية على قضايا فريدة بسبب بنيتها اللغوية المعقدة والموارد المحدودة المتاحة لعلم لغويات لغة الإشارة العربية خاصة عند التعامل مع اللهجات العربية المتنوعة والتعبيرات الإقليمية. وغالبًا ما تعتمد الأنظمة القائمة على الشخصية الافتراضية الحالية على تقنية بدائية لترجمة كلمة بكلمة والتي تفشل في نقل الفروق الدقيقة للتعبير اللغوي الفعلي المطلوب للغة الإشارة العربية وتفتقر إلى الدعم المناسب للهجة (Othman & El Ghouli, 2022). ولمعالجة هذه التحديات تستخدم الشخصية الافتراضية في هذا العمل نهج التعلم الفيدرالي مما يمكنها من تعزيز قدراتها في الترجمة من خلال التدريب على مصادر بيانات متنوعة مع الحفاظ على الخصوصية. ويهدف هذا النهج إلى تحسين القدرة على التعرف على اللهجات العربية المختلفة وترجمتها بدقة وبالتالي زيادة الاستجابة لمطالب مجتمع الصم الناطقين بالعربية.

تمتد إمكانيات الشخصية الافتراضية القائمة على التعلم الفيدرالي إلى مجموعة متنوعة من قطاعات المدن الذكية بما في ذلك النقل العام والرعاية الصحية وخدمة العملاء والتعليم والمزيد. حيث يمكنها تسهيل التفاعلات الأكثر شمولاً وسهولة في النفاذ للأشخاص الصم. وسوف يتكيف مظهر الشخصية الافتراضية في هذه القطاعات ليناسب السياق المعني مما يعزز الموثوقية والواقعية في التواصل. ففي بيئات الرعاية الصحية على سبيل المثال سوف ترتدي الشخصية الافتراضية القائمة على التعلم الفيدرالي زيًا طبيًا وفي بيئات خدمة العملاء سوف ترتدي ملابس رسمية وفي وسائل النقل سيتم استخدام زي رسمي خاص. ويهدف هذا التصميم التكميلي إلى تقديم تجربة غامرة تحترم المستخدمين عبر تطبيقات مختلفة.

يجب التغلب على العديد من المشاكل الفنية لضمان تمكن الشخصية الافتراضية من تلبية احتياجات ترجمة لغة الإشارة في الوقت الفعلي وضمان الواقعية. ويجب أن تؤدي الشخصية الافتراضية رسومًا متحركة واقعية بما في ذلك ملاحم الوجه المعبرة والإيماءات الطبيعية

## 5. إطار الاتصالات الفيدرالي

يعمل نموذج المترجم الافتراضي للغة الإشارة القائم على التعلم الفيدرالي ضمن بنية إطار اتصال لامركزية حيث يستخدم كل قطاع نموذجه الخاص. ويتم تزويد كل نموذج بمجموعة بيانات محلية ونموذج محلي مما يسمح له بالتفاعل بشكل فعال مع مجتمع الصم مع تحسين أدائه بشكل مستمر من خلال استراتيجيات التعلم الفيدرالية.

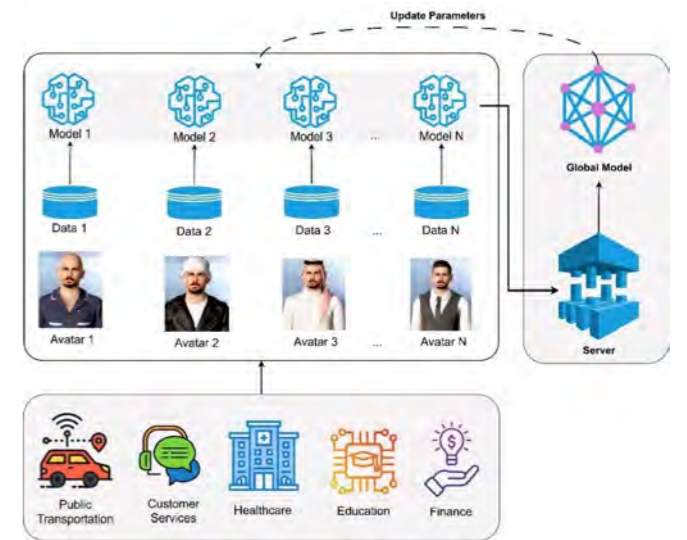
## 5.1. عملية التعلم الفيدرالية

يوضح الشكل 4 عملية التعلم الفيدرالية. حيث يتمتع نموذج كل قطاع (i) بإمكانية النفاذ إلى مجموعة بيانات محلية (D<sub>i</sub>) تحتوي على بيانات التفاعل مع المستخدمين الصم المحليين. ويستخدم النموذج هذه البيانات لتدريب نموذجه المحلي (M<sub>i</sub>). ويمكن هيكلة عملية التدريب المحلية على النحو التالي:

$$M_i^{(t+1)} = M_i^{(t)} - \eta \nabla L(M_i^{(t)}, D_i) \quad (1)$$

where:

- $M_i^{(t+1)} = M_i^{(t)} - \eta \nabla L(M_i^{(t)}, D_i)$
- $\eta$  is the learning rate.
- $L$  represents the loss function computed on the local dataset  $D_i$ .

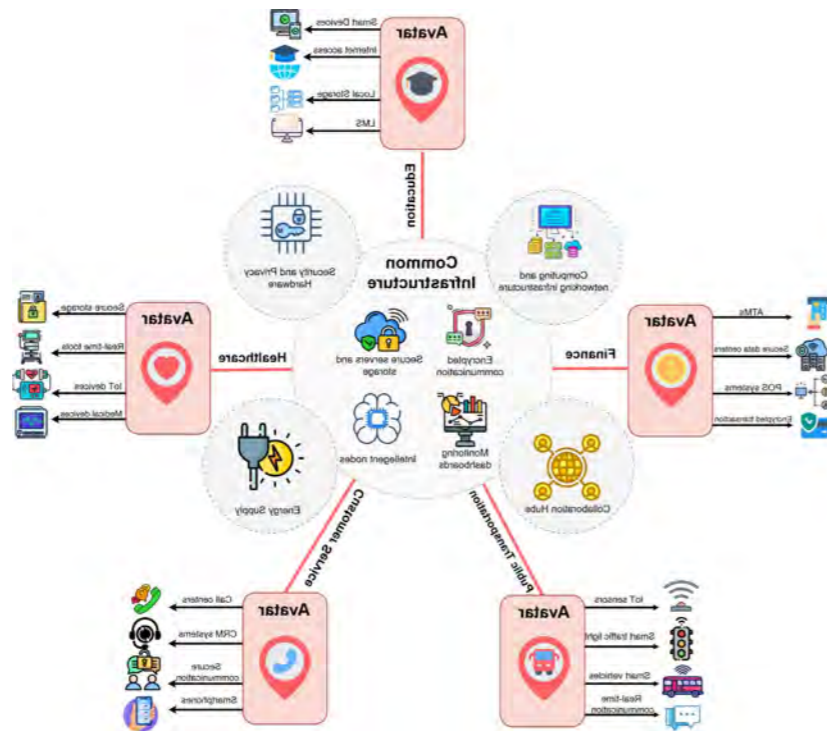


الشكل 4. تواصل الشخصية الافتراضية في التعلم الفيدرالي العميق.

## 5.2. البنية الأساسية للتعلم الفيدرالي في سيناريوهات العالم الحقيقي

يتطلب تنفيذ نموذج التعلم الفيدرالي في التطبيقات الواقعية بنية أساسية قوية وقابلة للتطوير ومصممة خصيصًا لتلبية الاحتياجات المحددة لكل قطاع مع الالتزام بالمبادئ المشتركة. ويعتمد التعلم الفيدرالي على الحوسبة الطرفية مع وجود عقد طرفية ذكية مجهزة للتدريب والاستدلال المحلي كما هو موضح في الشكل 5. وتستخدم هذه العقد أجهزة حديثة مثل وحدات المعالجة المركزية ووحدات معالجة الرسومات والمعالجات المتخصصة مثل وحدات معالجة تينسور (Tensor) للقيام بمهام التعلم الآلي المعقدة مما يختصر الوقت ويزيد من الاستجابة (Duan et al., 2023). وعلى سبيل المثال تسمح المعدات الطبية التي تدعم إنترنت الأشياء والخوادم المحلية في الرعاية الصحية بتدريب بيانات المرضى الحساسة بينما توفر وحدات الكمبيوتر الموجودة على متن السيارات معالجة في الوقت الفعلي لبيانات المرور وأجهزة الاستشعار في وسائل النقل العام. وعلى نحو مماثل توفر الأجهزة اللوحية وأجهزة الكمبيوتر المحمولة عند دمجها مع الخوادم المؤسسية التعلم الشخصي في مجال التعليم في حين تعمل خوادم الفروع وأجهزة الصراف الآلي وأجهزة المستهلك على تمكين نماذج التعلم الفيدرالي المحلية في مجال خدمة العملاء والتمويل.

تعتبر أنظمة التخزين عالية السعة ضرورية لإدارة مجموعات البيانات الضخمة والمتفرقة في مختلف الصناعات ولكن خصوصية البيانات تبقى محمية من خلال الحفاظ عليها موضعية في العقد الطرفية (Salh et al., 2023). كما أن طول التخزين الآمن في الموقع ذاته تعد ضرورة بما في ذلك محركات الأقراص الصلبة المشفرة (SSDs) للسجلات الطبية والتخزين الموضوعي لبيانات المرور والركاب ومجموعات البيانات الأكاديمية في أنظمة إدارة التعلم وسجلات تفاعل العملاء في نماذج الخدمات والبيانات المالية المشفرة للكشف عن عمليات الاحتيال. كما أن هناك حاجة إلى شبكات اتصال فعالة وآمنة مثل خدمة الجيل الخامس أو الألياف الضوئية أو الانترنت اللاسلكي لتحديثات النماذج المستمرة بين العقد الطرفية ومراكز التجميع المركزية (Yang et al., 2023). وتسمح هذه الشبكات للعقد الطرفية بالتواصل بأمان مع معلمات النموذج مع الحفاظ على خصوصية البيانات.



الشكل 5. البنية التحتية في الوقت الحقيقي للمترجم الافتراضي للغة الإشارة العربية في المدن الذكية.

بعد إكمال التدريب المحلي تقوم الشخصية الافتراضية بإنشاء تحديث نموذج (VM<sub>i</sub>) الذي يلتقط التغييرات التي تم إجراؤها على معلماته:

$$\nabla M_i = M_i^{(t+1)} - M_i^{(t)} \quad (2)$$

وفي نهاية فترة محددة مسبقًا (يوميًا على سبيل المثال) يتم إرسال جميع تحديثات النموذج المحلية من الشخصيات الافتراضية في القطاعات المختلفة إلى خادم مركزي للتجميع. ويمكن تمثيل عملية التجميع على النحو التالي:

$$M^{(t+1)} = M^{(t)} + \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \nabla M_i \quad (3)$$

where:

- $M^{(t)}$  هي معلمات النموذج العالمي عند التكرار  $t$ .
- $N$  هو العدد الإجمالي من الشخصيات الافتراضية (النماذج المحلية) المشاركة في التحديث.

ثم يتم استخدام التحديث الذي تم جمعه لتحسين النموذج العالمي (M) على الخادم:

$$M^{(t+1)} = M^{(t)} + \alpha (M^{(t+1)} - M^{(t)}) \quad (4)$$

ويكون  $\alpha$  هو معامل فائق يحدد مساهمة التحديث الذي تم جمعه في النموذج العالمي. وبعد تحديث النموذج العالمي يتم توزيع المعلمات الجديدة مرة أخرى على كل شخصية افتراضية مما يسمح لهم بإغناء نماذجهم المحلية بالمعرفة العالمية المحسنة. وتتم هذه العملية بشكل متكرر حيث تتعلم كل شخصية افتراضية بشكل مستمر من تفاعلاتها مع المستخدمين الصم المحليين وتقوم بتحديث نموذجها المحلي والمساهمة في المجموع العالمي. ويؤدي هذا النهج إلى نظام شخصية افتراضية متطورة بشكل مطرد قادر على فهم وترجمة لغة الإشارة العربية بشكل أفضل. كما يسمح نهج التعلم الفيدرالي للشخصيات الافتراضية القائمة على التعلم الفيدرالي في المدن الذكية بالحفاظ على خصوصية المستخدمين مع تعزيز قدرات الاتصال. ومن خلال استغلال البيانات المحلية للتعلم الشخصي وجمع تحديثات النموذج بانتظام فإنه سيكون بإمكان الشخصية الافتراضية أن تتكيف بسهولة مع متطلبات مجتمع الصم في مجموعة متنوعة من الصناعات مما يؤدي إلى تحسين الاتصال والإدماج في البيئات الحضرية الذكية.

| النموذج | دقة التحقق مقابل دقة الاختبار | دقة الاختبار | الضبط | التذكر | درجة F1 | وقت التدريب لكل عميل (ثانية) | وقت التدريب لكل جولة (دقيقة) |
|---------|-------------------------------|--------------|-------|--------|---------|------------------------------|------------------------------|
| VGG16   | 97.30                         | 98.70        | 98.72 | 98.71  | 98.71   | 60                           | 5                            |
| VGG19   | 97.10                         | 98.80        | 98.79 | 98.78  | 98.78   | 65                           | 5.4                          |

الجدول 2. أداء (VGG16) و (VGG19) وفق مجموعة بيانات محاكاة الشخصية الافتراضية.

### 7. الخاتمة

تقدم هذه الورقة إطاراً أساسياً لتطوير مترجم افتراضي يعمل بالذكاء الاصطناعي يمكنه إنشاء وترجمة لغة الإشارة باستخدام نهج التعلم الفيدرالي. ويؤدي هذا المترجم الافتراضي المبتكر القائم على التعلم الفيدرالي حركات يدين واقعية وتعابير وجه حقيقية ويعطي الأولوية للخصوصية وأمان البيانات من خلال الاستفادة من نموذج التعلم الفيدرالي العميق. ويمكن استخدام هذا المترجم الافتراضي بشكل فعال في بيئة المدينة الذكية مما يتيح لتقنيات المدينة الذكية أن تكون أكثر شمولاً ونفاذاً. ويضع هذا الإطار المقترح الأساس لتعزيز دمج ترجمة لغة الإشارة في تطبيقات مختلفة مما يعزز في النهاية التواصل والتفاعل المحسنين لسكان الصم وضعاف السمع في المناطق الحضرية.

ومع ذلك فقد حقق كل من النموذجين (FL-VGG16) و (FL-VGG19) أداءً مماثلاً عبر جميع المقاييس. حيث يحقق (FL-VGG16) دقة تحقق أعلى قليلاً مع اختلاف طفيف بنسبة 0.2% مما يسلط الضوء على التناقضات الطفيفة بين أداء النموذجين. ويستغرق (VGG16) 60 ثانية لكل شخصية افتراضية لتدريب البيانات المحلية بينما يستغرق (VGG19) 65 ثانية. وتزيد الطبقات الإضافية في (VGG19) من متطلباته الحسابية قليلاً. ومن ناحية أخرى يستغرق (VGG16) 5 دقائق في كل جولة تدريب بينما يستغرق (VGG19) 5.4 دقيقة مما يعكس التعقيد الحسابي الإضافي لـ (VGG19). وبشكل عام فإن نموذج (VGG19) يوفر مقاييس أداء أفضل قليلاً ولكن على حساب زيادة وقت التدريب. ومع ذلك فإن الاختلافات بين النموذجين ضئيلة مما يشير إلى أن أيًا منهما قد يكون مناسباً اعتماداً على المتطلبات المحددة للتطبيق.

### 6. النتائج التجريبية

#### 6.1. إعداد المحاكاة

تم استخدام نماذج التعلم العميق ((VGG16 - VGG19 (Simonyan, 2014)) في هذه الورقة كعمود فقري لإطار التعلم الفيدرالي العميق. وقد تم إجراء العديد من التجارب لاختيار أفضل المعلمات الفائقة لهذا النموذج. يتم تقييم الأداء على مجموعة بيانات لغة الإشارة العربية 2018 (Latif et al., 2019) من حيث متوسط وقت التدريب والدقة والضبط والتذكر ودرجة f1. وتستخدم كل تجربة 64 عينة بيانات مع تدريب خمسة عملاء (يمثلون 5 شخصيات افتراضية) على مدى عشر فترات تدريب كاملة. وتقوم طريقة المتوسط الفيدرالي بحساب التدرجات من جانب الخادم بينما يتم استخدام الإنترنتوييا المتقاطعة التصنيفية كدالة خسارة. كما يتم استخدام (Softmax) كدالة تنشيط في حين يتم استخدام الانحدار التدريجي العشوائي كمحسن أساسي بمعدل تعلم 0.01.

#### 6.2. الأداء في مجال التعرف على لغة الإشارة العربية

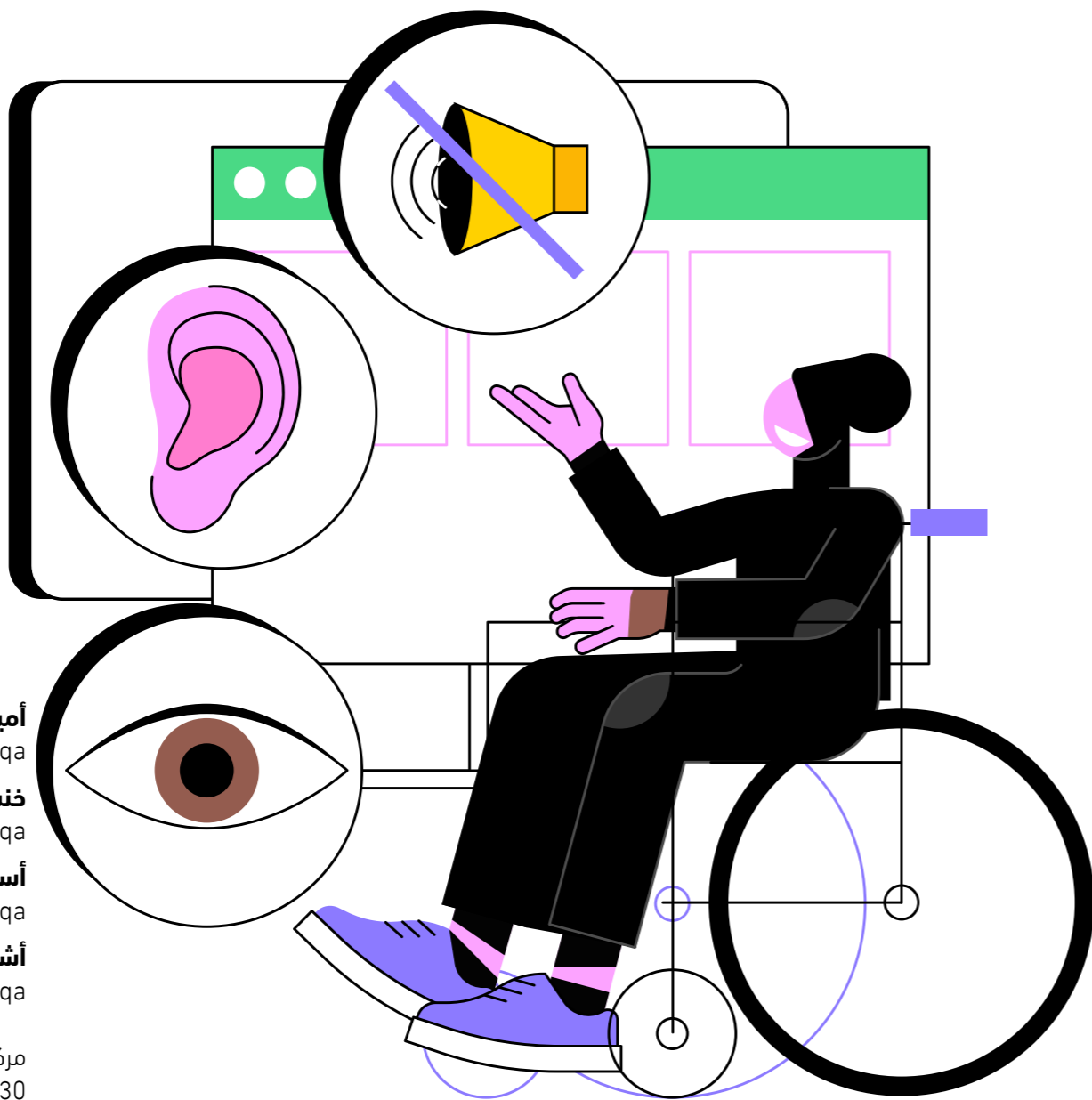
يلخص الجدول 2 نتائج أداء جميع النماذج القائمة على التعلم الفيدرالي. ويوفر هذا التقييم فهماً تفصيلياً لأداء النموذج عبر خصائص تصنيف الشخصية الافتراضية مما يضمن قدرتها على التعامل مع السيناريوهات المختلفة باستخدام عدة تقسيمات للبيانات. ومع ذلك فإن تقييم أداء النموذج يتم باستخدام مقاييس الدقة والمتوسط الكلي وذلك نظراً للطبيعة غير المتوازنة لمجموعة بيانات لغة الإشارة العربية. ويكون المتوسط الكلي في الظروف غير المتوازنة مفيداً للغاية لأنه يعامل جميع الفئات بالتساوي دون التأثير بالفئة الغالبة. ويتمتع نموذج (FL-VGG19) بأداء مرتفع وفق الاختبار حيث حقق دقة بنسبة 98.8% وضبط بنسبة 98.79% وتذكر بنسبة 98.78% ودرجة F1 بنسبة 98.78%.

تدعم طبقة التنفيذ في البنية الأساسية للتعلم الفيدرالي مجموعة واسعة من أجهزة الحوسبة بناءً على حالات استخدام متنوعة بما في ذلك وحدات معالجة الرسومات عالية الأداء لتدريب نماذج التشخيص المعقدة ووحدات المعالجة المركزية القوية للمواقف الديناميكية والأجهزة الطرفية خفيفة الوزن للنماذج الأصغر كما هو موضح في الشكل 5. وتتطلب هذه الأجهزة مصدر طاقة يمكن الاعتماد عليه مع أنظمة احتياطية مثل (UPS) أو المولدات التي تضمن التشغيل المستمر. وتضمن الأنظمة الفعالة استمرار الخوادم في العمل بشكل فعال بينما تيسر الأجهزة القوية إجراء العمليات في المواقف الصعبة مثل البيئات التعليمية البعيدة أو أنظمة النقل.

ويعد التنسيق المركزي أمراً بالغ الأهمية لتحقيق قابلية التشغيل المتبادل وقابلية التوسع والامتثال للمعايير في أنظمة التعلم الفيدرالي. حيث ينفذ الموزع المركزي البروتوكولات المعمول بها لتكامل النماذج مما يوفر تعاوناً سلساً بين العقد والقطاعات الطرفية. كما يعد الامتثال التنظيمي عاملاً حاسماً بما في ذلك أطر العمل مثل (GDPR) للخدمات المالية ومعايير (HL7) للرعاية الصحية. وتوفر لوحات المعلومات ميزة المراقبة في الوقت الفعلي لأداء النظام ومشاركة العقد وقابلية التوسع مما يتيح إدارة أكثر فعالية لهذا النظام.

وقد ثبتت قدرة البنية الأساسية للتعلم الفيدرالي على التكيف في مجموعة متنوعة من المجالات. ففي مجال الرعاية الصحية يسمح التعلم الفيدرالي بالتدريب التعاوني لنماذج التشخيص عبر المؤسسات مع حماية معلومات المرضى الحساسة. كما يعمل التعلم الفيدرالي على تعزيز النقل العام من خلال السماح بتحسين أنماط المرور في الوقت الفعلي وجدولة المسار بناءً على بيانات المركبات. وتستخدم صناعة التعليم التعلم الفيدرالي لبناء نماذج تعليمية مخصصة بناءً على مجموعات بيانات متفرقة من العديد من الجامعات. كما يعمل التعلم الفيدرالي على تحسين تجربة العملاء من خلال إنشاء نماذج قابلة للتكيف تتضمن ملاحظات من مراكز الاتصال البعيدة. كما يساعد التعلم الفيدرالي في مجال التمويل في كشف الاحتيال من خلال السماح للمؤسسات بالتعاون في بيانات المعاملات وتعزيز الدقة مع الحفاظ على السرية. وتظهر الشخصية الافتراضية القائمة على التعلم الفيدرالي قوة التعلم الآلي اللامركزي الذي يحافظ على الخصوصية من خلال معالجة المخاوف الخاصة بمختلف القطاعات وتعزيز الابتكار على مستوى الصناعة مع ضمان الامتثال للمعايير والأمان والكفاءة.

# من البحوث إلى التأثير رؤى رئيسية وإنجازات من مدى أيدج



أميرة ذويب  
adhoub@mada.org.qa

خناء شمناذ  
kchemnad@mada.org.qa

أسامة الغول  
oelghoul@mada.org.qa

أشرف عثمان  
aothman@mada.org.qa

مركز التكنولوجيا المساعدة مدى  
Doha P.O. Box 24230

## المراجع

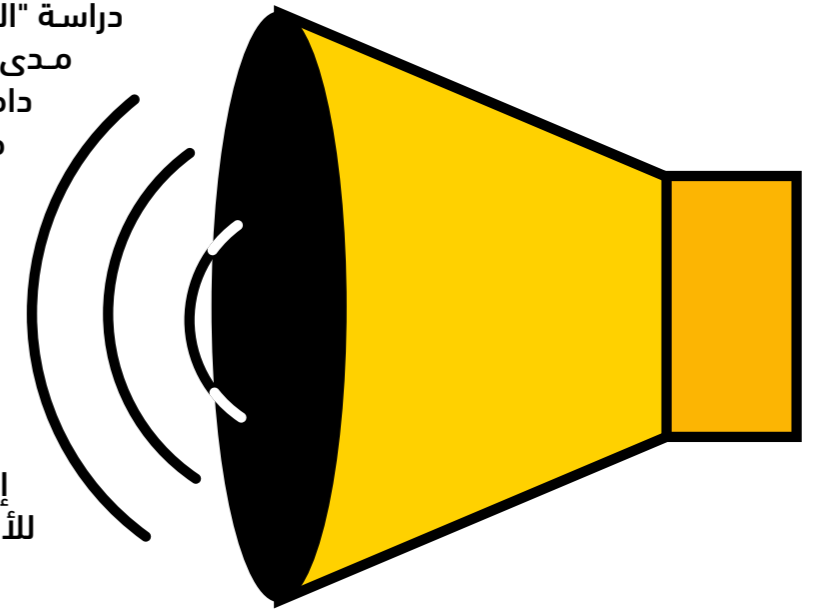
1. Bramwell, R., Harrington, F., & Harris, J. (2000). Deafness—disability or linguistic minority? *British Journal of Midwifery*, 8(4), 222–224.
2. Duan, Q., Huang, J., Hu, S., Deng, R., Lu, Z., & Yu, S. (2023). Combining federated learning and edge computing toward ubiquitous intelligence in 6G network: Challenges, recent advances, and future directions. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*.
3. Eshara: Arabic Sign Language Translation. (2024). Retrieved from <https://bit.ly/41kZ2EP>
4. García-Luque, R., Toro-Gálvez, L., Moreno, N., Troya, J., Canal, C., & Pimentel, E. (2023). Integrating Citizens' Avatars in Urban Digital Twins. *Journal of Web Engineering*, 22(6), 913–938.
5. Ghazal, T. M., Hasan, M. K., Alshurideh, M. T., Alzoubi, H. M., Ahmad, M., Akbar, S. S., ... Akour, I. A. (2021). IoT for smart cities: Machine learning approaches in smart health-care—A review. *Future Internet*, 13(8), 218.
6. Guan, Z., Si, G., Zhang, X., Wu, L., Guizani, N., Du, X., & Ma, Y. (2018). Privacy-preserving and efficient aggregation based on blockchain for power grid communications in smart communities. *IEEE Communications Magazine*, 56(7), 82–88.
7. Kairouz, P., McMahan, H. B., Avent, B., Bellet, A., Bennis, M., Bhagoji, A. N., ... Others. (2021). Advances and open problems in federated learning. *Foundations and Trends® in Machine Learning*, 14(1--2), 1–210.
8. Latif, G., Mohammad, N., Alghazo, J., AlKhalaf, R., & AlKhalaf, R. (2019). ArASL: Arabic alphabets sign language dataset. *Data in brief*, 23, 103777.
9. Li, T., Zhao, M., & Wong, K. K. L. (2020). Machine learning based code dissemination by selection of reliability mobile vehicles in 5G networks. *Computer Communications*, 152, 109–118.
10. Mind Rockets Inc. (2024). Mind Rockets: Arabic Sign Language Solutions. Retrieved from <https://main.mindrocketsinc.com/en>
11. Othman, A., Dhoub, A., Chalghoumi, H., Elghoul, O., & Al-Mutawaa, A. (2024). The Acceptance of Culturally Adapted Signing Avatars Among Deaf and Hard-of-Hearing Individuals. *IEEE Access*.
12. Othman, A., & El Ghoul, O. (2022). BuHamad: The first Qatari virtual interpreter for Qatari Sign Language. *Nafath*, 6(20).
13. Pandya, S., Srivastava, G., Jhaveri, R., Babu, M. R., Bhattacharya, S., Maddikunta, P. K. R., ... Gadekallu, T. R. (2023). Federated learning for smart cities: A comprehensive survey. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 55, 102987.
14. Salh, A., Ngah, R., Audah, L., Kim, K. S., Abdullah, Q., Al-Moliki, Y. M., ... & Talib, H. N. (2023). Energy-efficient federated learning with resource allocation for green IoT edge intelligence in B5G. *IEEE Access*, 11, 16353–16367.
15. Simonyan, K. (2014). Very deep convolutional networks for large-scale image recognition. *arXiv preprint arXiv:1409.1556*.
16. Sun, T., Li, D., & Wang, B. (2022). Decentralized federated averaging. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 45(4), 4289–4301.
17. Ushakov, D., Dudukalov, E., Mironenko, E., & Shatila, K. (2022). Big data analytics in smart cities' transportation infrastructure modernization. *Transportation Research Procedia*, 63, 2385–2391.
18. Xu, C., Qu, Y., Xiang, Y., & Gao, L. (2023). Asynchronous federated learning on heterogeneous devices: A survey. *Computer Science Review*, 50, 100595.
19. Yang, C., Chen, Y., Zhang, Y., Cui, H., Yu, Z., Guo, B., ... & Yang, Z. (2023). RaftFed: a lightweight federated learning framework for vehicular crowd intelligence. *arXiv preprint arXiv:2310.07268*.
20. Zheng, Z., Zhou, Y., Sun, Y., Wang, Z., Liu, B., & Li, K. (2022). Applications of federated learning in smart cities: recent advances, taxonomy, and open challenges. *Connection Science*, 34(1), 1–28.

**الملخص -** يتصدر مدى إيدج مجال النفاذ الرقمي وتكنولوجيا المساعدة، حيث يقود جهودًا بحثية رائدة وابتكارات متقدمة تهدف إلى معالجة التحديات التي تواجه الأشخاص ذوي الإعاقة. تسلط هذه الورقة الضوء على تحليل شامل للدراسات متعددة التخصصات التي ينفذها المركز، بالإضافة إلى أبرز المنشورات والمشروعات واسعة النطاق. ومن بين المبادرات البارزة، يبرز كل من مشروع جملة للغة الإشارة والمترجم الافتراضي بوحده نماذج للابتكارات التحويلية في تعزيز الشمولية ضمن الفعاليات والمبادرات الحكومية والمنصات التعليمية. وتتعدد منشورات مدى إيدج عبر مجالات متعددة، مما يعكس نهجًا شاملاً ومتكاملاً في أبحاث النفاذ الرقمي

### 1. مقدمة

إحدى التحديات العالمية البارزة تتمثل في الفجوة الرقمية المستمرة التي يواجهها الأشخاص ذوو الإعاقة، مما يقيد وصولهم إلى الخدمات الأساسية، والتعليم، والمشاركة المجتمعية. وعلى الرغم من التقدم التكنولوجي، لا تزال العوائق المرتبطة بالنفاذ الرقمي تستثني شريحة كبيرة من السكان. ففي الولايات المتحدة، يستخدم الإنترنت 63.8% فقط من الأشخاص ذوي الإعاقة، مقارنة بـ 83.4% من الأفراد غير ذوي الإعاقة [1]. وتتفاقم هذه الفجوة الرقمية نتيجة للتكاليف المرتفعة للاتصال بالإنترنت المنزلي، وارتفاع معدلات البطالة، إلى جانب التحديات المتعلقة بنفاذ المواقع الإلكترونية والمحتوى الرقمي.

في العالم العربي، تبرز الفجوة الرقمية بشكل أكثر وضوحًا. إذ تشير بيانات استطلاعات الباروميتر العربي إلى وجود تفاوت كبير في معدلات استخدام الإنترنت وفقًا للعوامل الديموغرافية، حيث تكون الفئات المحرومة، بما في ذلك الأشخاص ذوو الإعاقة، أقل احتمالًا لاستخدام الإنترنت. وتقدم دراسة "النفاذ إلى الويب العربي"، التي أجراها مركز مدى لتكنولوجيا المساعدة في قطر، أدلة دامغة على أوجه القصور في النفاذ الرقمي في المنطقة العربية. فقد شملت هذه الدراسة الشاملة تقييم أكثر من 4000 موقع إلكتروني في 22 دولة عربية، تغطي قطاعات حيوية مثل الحكومة، والتعليم، والرعاية الصحية، والتجارة. وأظهرت النتائج وجود فجوات كبيرة في معايير النفاذ إلى الويب عبر مختلف الدول العربية، مما يؤكد الحاجة إلى إصلاحات جوهرية لضمان الشمول الرقمي للأشخاص ذوي الإعاقة [2].



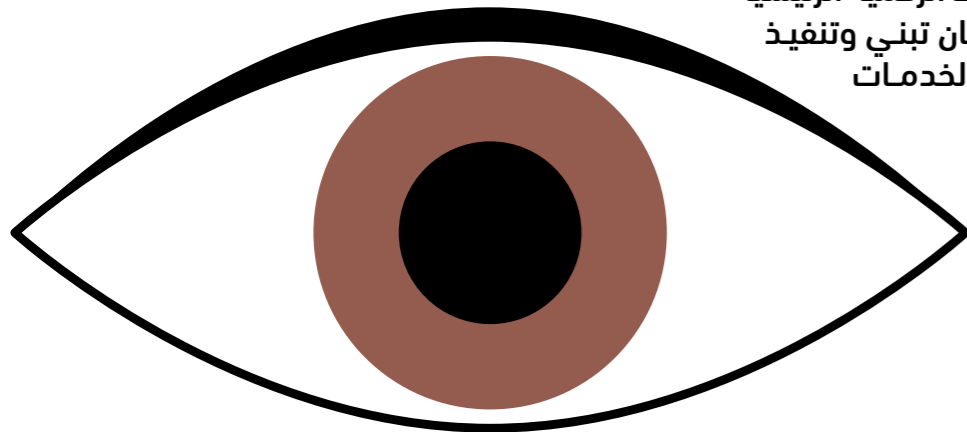
إضافة إلى ذلك، حددت مراجعة استكشافية للتدخلات القائمة على تكنولوجيا المساعدة (AT) للأفراد المصابين باضطراب طيف التوحد (ASD) في الدول العربية عددًا من التحديات التي تعوق النفاذ الرقمي [3]. وتشمل هذه التحديات غياب الوضوح لدى مقدمي الرعاية بشأن استخدام تكنولوجيا المساعدة، إلى جانب انخفاض مستوى الوعي لدى المهنيين والمجتمع العربي عمومًا حول إمكانيات هذه التقنيات. كما أكدت المراجعة على النقص الحاد في البيانات المتعلقة بمدى انتشار وفعالية استخدام تكنولوجيا المساعدة للأفراد المصابين باضطراب طيف التوحد في الدول العربية، مما يستدعي إجراء دراسات أكثر منهجية تغطي مختلف الفئات الديموغرافية والمناطق الجغرافية [3].

يواجه مدى إيدج هذا التحدي الملح من خلال تعزيز النفاذ الرقمي وتكنولوجيا المساعدة عبر البحث العلمي المتقدم والابتكار المستمر. يركز المركز على سد الفجوات من خلال تعزيز التعاون متعدد التخصصات، وإنتاج معرفة ذات تأثير ملموس، وتطوير حلول مصممة خصيصًا لتلبية احتياجات مختلف فئات الأشخاص ذوي الإعاقة.

في قطر، يتصدر مركز مدى جهود تحسين النفاذ الرقمي، حيث كان له دور محوري في تطوير السياسة الوطنية للنفاذ الرقمي، وهي وثيقة رائدة على مستوى منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا، تعالج معايير النفاذ إلى المواقع الإلكترونية، وتطبيقات الهواتف المحمولة، وخدمات الاتصالات، وأكشاك الخدمات الإلكترونية العامة [4]. كما أسهم مدى في صياغة السياسات الرقمية الرئيسية في قطر، مما ساهم في ضمان تبني وتنفيذ معايير النفاذ الرقمي ضمن الخدمات الحكومية [5].

تسلط هذه الورقة الضوء على المساهمات الرئيسية لمدى إيدج، مبرزةً كيف أسهمت أبحاثه في تحقيق تأثير مجتمعي ملموس وتعزيز الشمولية في مختلف القطاعات. يُعد دمج النفاذ الرقمي ضمن التطورات التكنولوجية أمرًا بالغ الأهمية لتمكين الأشخاص ذوي الإعاقة وضمان وصولهم العادل إلى وسائل الاتصال والتكنولوجيا والخدمات العامة. ويتولى مدى إيدج قيادة هذه المهمة من خلال البحث العلمي الدقيق والابتكار في مجال تكنولوجيا المساعدة.

يركز المركز على معالجة تحديات النفاذ الرقمي عبر تعزيز البحث متعدد التخصصات، وإنتاج المعرفة، وتطوير حلول مساندة تتماشى مع الاحتياجات المتنوعة للأشخاص ذوي الإعاقة. كما أن الشراكات مع المنظمات الدولية والجهات الحكومية تضمن مواءمة الابتكارات مع المتطلبات المتنوعة لهذه الفئة. تستعرض هذه الورقة المبادرات الرئيسية، وتبرز مساهمات مدى إيدج البحثية خلال الفترة 2022 - 2024، والتي تستند إلى مجموعة واسعة من المنشورات العلمية في مختلف المجالات.



## 2. مركز بحوث معتمد

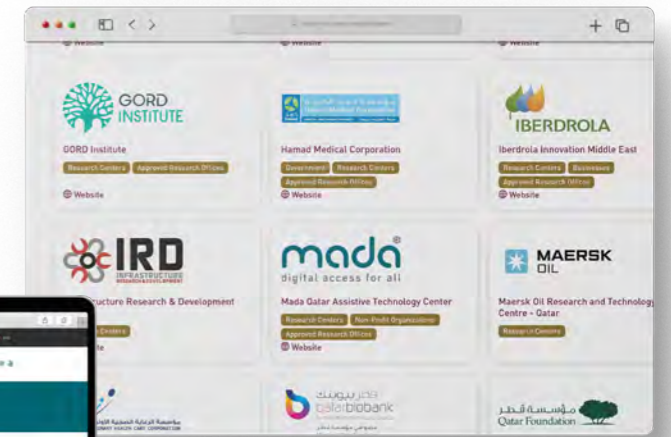
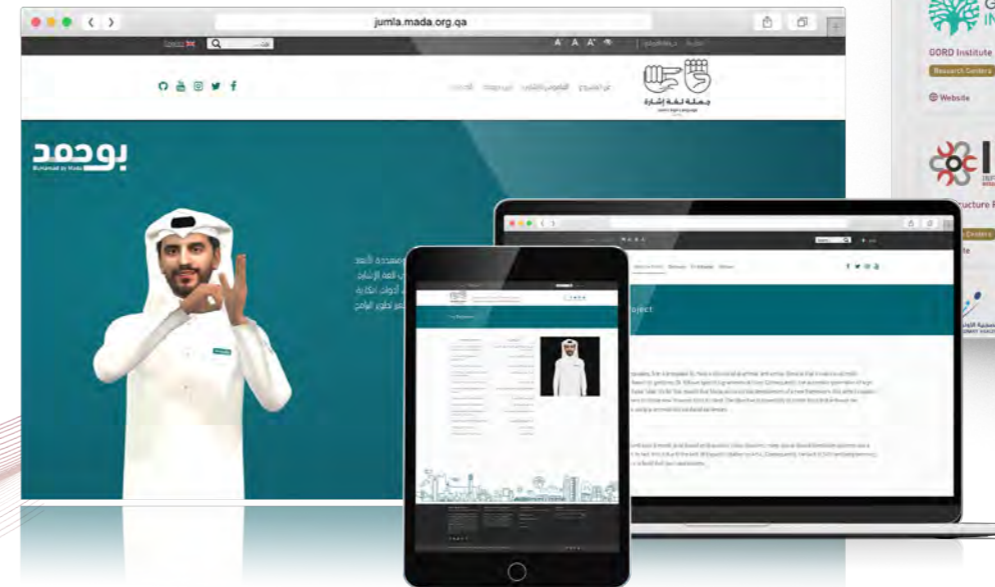
يُشكّل اعتماد مركز مدى من قبل مجلس قطر للبحوث والتطوير والابتكار (QRDI) كمؤسسة بحثية رسمية إنجازًا بارزًا [6]. يعزز التزامه بإنتاج مخرجات بحثية عالية الجودة. ويؤكد هذا الاعتراف على مساهمات المركز في الأدبيات الأكاديمية، والابتكار التكنولوجي، وتطوير السياسات في مجال الشمول الرقمي. ومن بين الإنجازات البارزة، نشر العديد من المقالات العلمية المحكمة، وفصول الكتب، وأوراق المؤتمرات التي تتناول تكنولوجيا المساعدة والتصميم الشامل. وقد أصدر مدى إيدج 29 منشورًا بحثيًا خلال الفترة 2022-2024، شملت 9 مقالات في مجلات علمية، و7 أوراق مؤتمرات، و7 مراجعات أديبية، بالإضافة إلى مجموعتي بيانات

## 3.2. العلامة التجارية "بوحمد"

يُجسّد "بوحمد"، أول مترجم افتراضي ثلاثي الأبعاد للغة الإشارة في قطر، أحد أبرز ابتكارات مدى إيدج [8]. وقد حقق المشروع دقة محاكاة التأشير بنسبة 98%، مما جعله محل ثقة واعتماد من قبل مجتمع الصم. تم نشر "بوحمد" في عدة منصات رئيسية، بما في ذلك موقع وزارة التنمية الاجتماعية والأسرة [9]، وكأس آسيا 2023 في قطر [10]، وكأس العالم [11] FIFA 2022، بالإضافة إلى فيديوهات السلامة الخاصة بالخطوط الجوية القطرية [12]. ويعزز هذا المترجم الافتراضي النفاذ الرقمي لمجتمع الصم عبر توفير خدمات ترجمة فورية بلغة الإشارة. كما أن تبنيّه من قبل المجتمع واعتماده في الفعاليات العامة يسلطان الضوء على أهميته في سد فجوات التواصل وتعزيز الشمولية

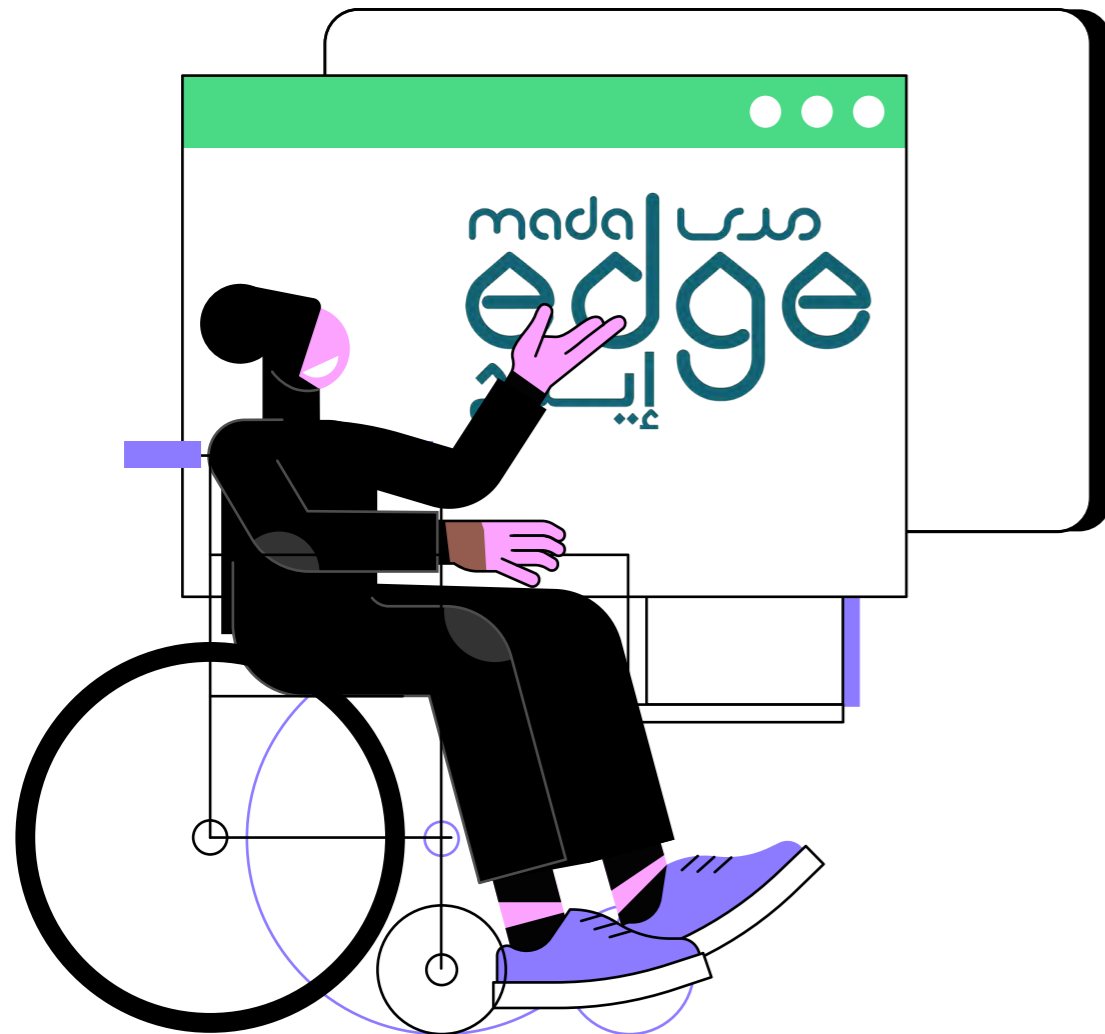
## 3.3. دورية ومجلس نفاذ

نظم مدى إيدج "مجلس نفاذ"، وهو فعالية ربع سنوية تتماشى مع الدورية البحثية "نفاذ"، لمناقشة أحدث التوجهات في مجال النفاذ الرقمي وتكنولوجيا المساعدة [13]. شملت الموضوعات التي تمت مناقشتها: المناهج متعددة التخصصات في تكنولوجيا المساعدة، واجهات المستخدم من الجيل القادم، التطورات في معالجة لغة الإشارة، ومعايير وإداعات النفاذ الرقمي. وقد أسهمت هذه الجلسات في تعزيز تبادل المعرفة والتعاون بين الخبراء والمهتمين في هذا المجال



#### 4. الخاتمة والتوجهات المستقبلية

أثبت مدى إيدج باستمرار ريادته في تعزيز النفاذ الرقمي وتكنولوجيا المساعدة من خلال أبحاثه الدقيقة، ومنشوراته المؤثرة، ومشاريعه الرائدة. ومن خلال الاستجابة لاحتياجات الفئات المختلفة من الأشخاص ذوي الإعاقة وتعزيز التعاون متعدد التخصصات، رسّخ مدى إيدج أسس الابتكار الشامل. ويبرز نجاح مشروع جملة للغة الإشارة والمترجم الافتراضي بوحمد كأتملة ملموسة على دور البحث التطبيقي في سد فجوات النفاذ الرقمي. يتطلع مدى إيدج إلى توسيع نطاق تأثيره من خلال تطوير حلول تكنولوجية مساعدة مدعومة بالذكاء الاصطناعي وتعزيز التعاون الدولي. وستركز الجهود المستقبلية على مواجهة التحديات الناشئة في مجال النفاذ الرقمي، وضمان إمكانية وصول عادلة إلى الموارد الرقمية لجميع الفئات المجتمعية. من خلال الابتكار المستمر وتبادل المعرفة، يسعى مدى إيدج إلى تشكيل مجتمع أكثر شمولاً وتطوراً من الناحية التكنولوجية، مما يتيح للأفراد ذوي الإعاقة فرصاً أكبر للنجاح والازدهار في عالم رقمي متسارع التطور.



#### 3.6. مجالات النشر

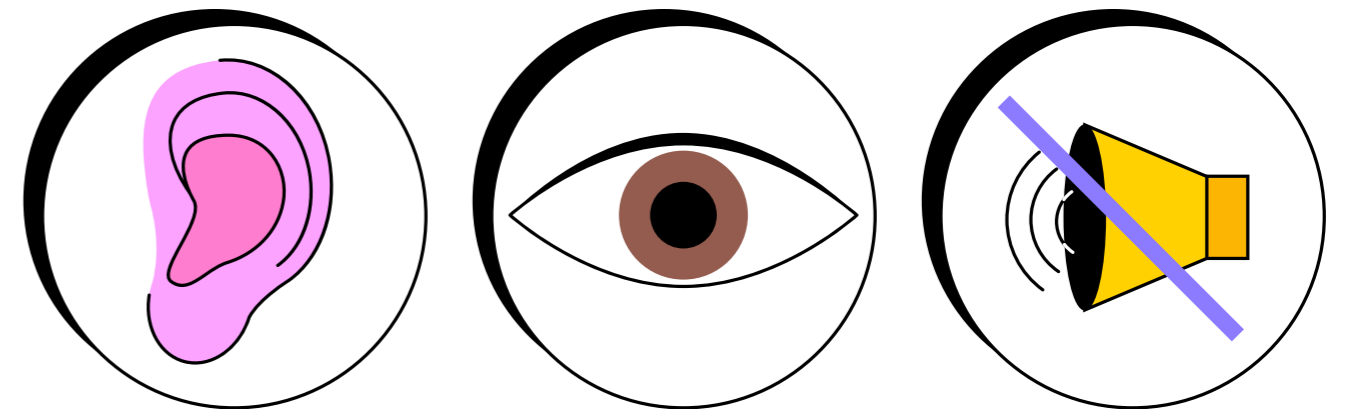
امتدت المبادرات البحثية لمدى إيدج عبر مجالات متعددة، مستهدفةً مختلف أنواع الإعاقات. وقد ركز جزء كبير من منشورات مدى إيدج على تكنولوجيا المساعدة، حيث تم تخصيص 13 ورقة بحثية لهذا المجال، مما يعكس التزام المركز الأساسي بتطوير أدوات وموارد تعزز النفاذ الرقمي. كما شكلت البحوث في التعليم الخاص واضطراب طيف التوحد محوراً هاماً، حيث شملت 8 أوراق بحثية مخصصة لدعم الأفراد المصابين باضطراب طيف التوحد [14,15]. فيما يتعلق بمبادرات النفاذ الرقمي، تم نشر 6 أوراق بحثية تناولت جهود تعزيز البيئات الرقمية الشاملة [5,16,17]. كما استكشفت أبحاث مدى إيدج تطبيقات الذكاء الاصطناعي في التعليم [18,19]، تكنولوجيا رعاية كبار السن، والنفاذ الثقافي، حيث تم تخصيص ورقتين بحثيتين لكل من هذه المجالات. بالإضافة إلى ذلك، تناولت منشورات المركز مختلف أنواع الإعاقات، حيث شملت أبحاثاً حول الإعاقة السمعية [20]، اضطراب طيف التوحد [21]، الإعاقات العامة، والإعاقات المعرفية وكبار السن [22,23]. تجسد هذه المنشورات التزام مدى إيدج بتوسيع نطاق حلول النفاذ الرقمي، عبر قطاعات ومجتمعات متنوعة، لضمان بيئات شاملة للجميع

#### 3.4. دراسة النفاذ إلى الويب العربي

أجرت دراسة "النفاذ إلى الويب العربي" تقيماً لأكثر من 4000 موقع إلكتروني في الدول العربية بهدف قياس مدى توافقها مع المعايير الدولية للنفاذ الرقمي [2]. وقد وفرت هذه الدراسة واسعة النطاق رؤى قيّمة حول الفجوات القطاعية في النفاذ الرقمي، مؤكدة الحاجة إلى تعزيز الشمولية الرقمية في المنطقة العربية. أبرزت النتائج الرئيسية تفاوتات ملحوظة في مستويات النفاذ عبر القطاعات الحكومية والتعليمية والتجارية، مما استدعى تقديم توصيات مستهدفة لتحسين إمكانية الوصول إلى الويب، وتعزيز الامتثال للمعايير الدولية

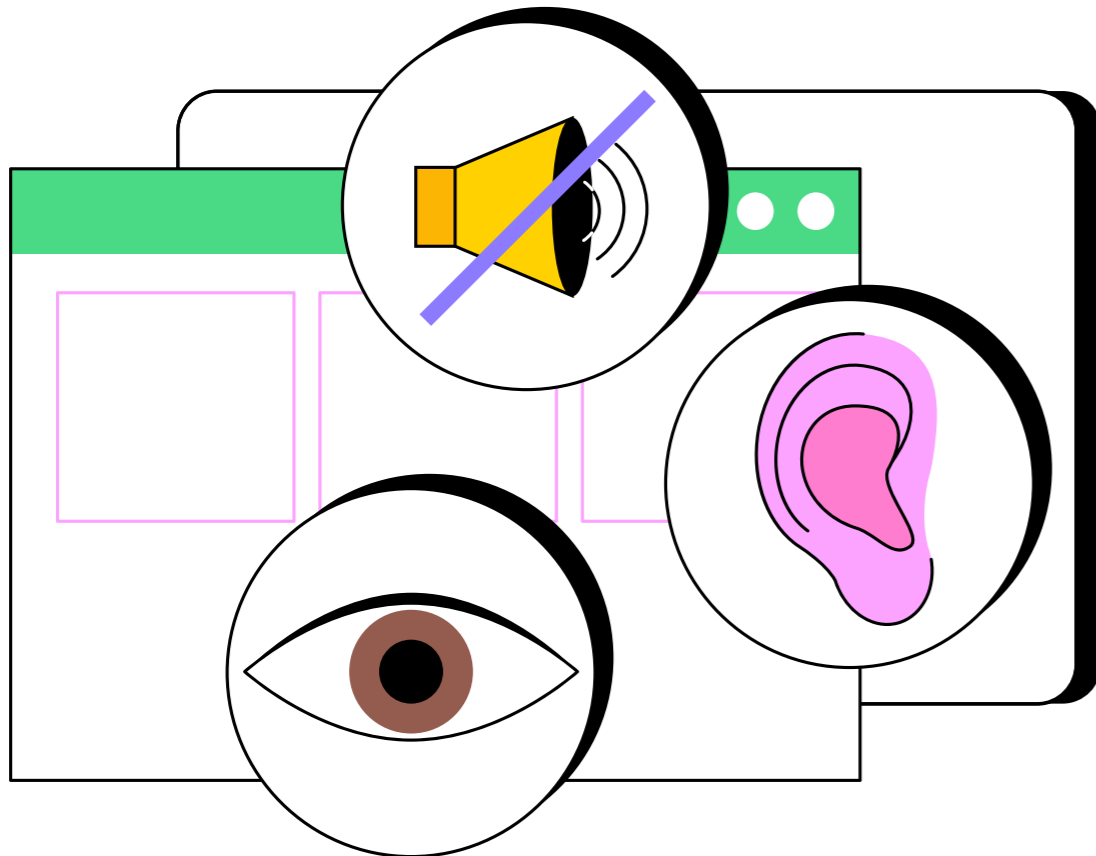
#### 3.5. التعاون ضمن التحالف البحثي الدولي

عمل مدى إيدج بنشاط على تعزيز التعاون مع شركاء دوليين من خلال التحالفات البحثية والمشروعات المشتركة، مما أسهم في تبادل المعرفة وتعزيز الابتكار في مجال تكنولوجيا المساعدة. وقد مكّن هذا التعاون مدى إيدج من لعب دور محوري في المؤتمرات والورش العالمية، مما ساهم في تسليط الضوء على تحديات النفاذ الرقمي، وتعزيز الوعي، ودعم تطوير سياسات وحلول شاملة على المستوى الدولي





20. Othman, A.; Dhouib, A.; Chalghoumi, H.; El Ghouli, O.; Al-Mutawaa, A. The Acceptance of Culturally Adapted Signing Avatars Among Deaf and Hard-of-Hearing Individuals. *IEEE Access* 2024, 12, 78624–78640, doi:10.1109/ACCESS.2024.3407128.
21. Khatab, S.; Hassan Fadi Hijab, M.; Othman, A.; Al-Thani, D. Collaborative Play for Autistic Children: A Systematic Literature Review. *Entertain. Comput.* 2024, 50, 100653, doi:10.1016/j.entcom.2024.100653.
22. Othman, A.; Elsheikh, A.; Al-Mutawaa, A.M. Internet of Things (IoT) for Elderly's Healthcare and Wellbeing: Applications, Prospects and Challenges. In *Proceedings of the 2023 IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC)*; July 2023; pp. 1–8.
23. Chalghoumi, H.; Al-Thani, D.; Hassan, A.; Hammad, S.; Othman, A. Research on Older Persons' Access and Use of Technology in the Arab Region: Critical Overview and Future Directions. *Appl. Sci.* 2022, 12, 7258, doi:10.3390/app12147258.



المراجع

1. Disability and the Digital Divide: Internet Subscriptions, Internet Use and Employment Outcomes; Current and Recently Completed Work U.S. Department of Labor, 2022;
2. Chemnad, K.; El Ghouli, O.; Othman, A.; Al-Jabir, M. Arab Web Accessibility Study 2024.
3. Al-Hendawi, M.; Hussein, E.; Al Ghafri, B.; Bulut, S. A Scoping Review of Studies on Assistive Technology Interventions and Their Impact on Individuals with Autism Spectrum Disorder in Arab Countries. *Children* 2023, 10, 1828, doi:10.3390/children10111828.
4. Policy. Mada.
5. AlMutawaa, A. Digital Accessibility Policy Landscape in the State of Qatar. *Nafath* 2023, 8, doi:10.54455/MCN2306.
6. QRDI Council Available online: <https://qrdi.org.qa/en-us/> (accessed on 2 January 2025).
7. El Ghouli, O.; Aziz, M.; Othman, A. JUM-LA-QSL-22: A Novel Qatari Sign Language Continuous Dataset. *IEEE Access* 2023, 11, 112639–112649, doi:10.1109/ACCESS.2023.3324040.
8. Othman, A.; Ghouli, O.E. BuHamad: The First Qatari Virtual Interpreter for Qatari Sign Language. *Nafath* 2022, 6, doi:10.54455/MCN.20.01.
9. Ministry of Social Development and Family Qatar Available online: <https://www.msdf.gov.qa/en> (accessed on 5 January 2025).
10. AFC Asian Cup 2023: All Football Scores, Results and Standings - Full List Available online: <https://olympics.com/en/news/afc-asian-cup-qatar-2023-football-scores-results-standings-points-table> (accessed on 5 January 2025).
11. FIFA World Cup Qatar 2022TM Available online: <https://www.fifa.com/en/tournaments/mens/worldcup/qatar2022> (accessed on 5 January 2025).
12. Qatar Airways Available online: [https://www.qatarairways.com/en-qa/home-page.html?CID=5XQA23456879M&account=Google-QATAR-QA-EN-Brand&campaign=QA-Brand-Hero-EN\\_exact&ad-group=qatar+airways&term=qatar+airways&&&&gad\\_source=1&gclid=CjwK-CAiA-Oi7BhA1EiwA2rlu234nXtMhcK-hePorayjZC58LIL4oiPeAYIYjYV-aA6Pol25x-5loVJBoC70gQAvD\\_BwE&gclid=aw.ds](https://www.qatarairways.com/en-qa/home-page.html?CID=5XQA23456879M&account=Google-QATAR-QA-EN-Brand&campaign=QA-Brand-Hero-EN_exact&ad-group=qatar+airways&term=qatar+airways&&&&gad_source=1&gclid=CjwK-CAiA-Oi7BhA1EiwA2rlu234nXtMhcK-hePorayjZC58LIL4oiPeAYIYjYV-aA6Pol25x-5loVJBoC70gQAvD_BwE&gclid=aw.ds) (accessed on 5 January 2025).
13. Nafath Majlis. Mada.
14. Hijab, M.H.F.; Banire, B.; Neves, J.; Qaraqe, M.; Othman, A.; Al-Thani, D. Co-Design of Technology Involving Autistic Children: A Systematic Literature Review. *Int. J. Human-Computer Interact.* 2024, 40, 7498–7516, doi:10.1080/10447318.2023.2266248.
15. Hijab, M.H.F.; Khatab, S.; Al Aswadi, N.; Neves, J.; Qaraqe, M.; Othman, A.; Alsulaiti, N.; Al-Thani, D. The What, Where, Who, Why, Which, and How of Collaborative Play Involving Autistic Children in Educational Context: A Contextual Inquiry. *Front. Educ.* 2024, 9, doi:10.3389/educ.2024.1273757.
16. Othman, A.; Chemnad, K.; Hassanien, A.E.; Tlili, A.; Zhang, C.Y.; Al-Thani, D.; Altinay, F.; Chalghoumi, H.; S. Al-Khalifa, H.; Obeid, M.; et al. Accessible Metaverse: A Theoretical Framework for Accessibility and Inclusion in the Metaverse. *Multimodal Technol. Interact.* 2024, 8, 21, doi:10.3390/mti8030021.
17. Chemnad, K.; Othman, A. Digital Accessibility in the Era of Artificial Intelligence - Bibliometric Analysis and Systematic Review (Under Review).
18. Othman, A.; Chemnad, K.; Tlili, A.; Da, T.; Wang, H.; Huang, R. Comparative Analysis of GPT-4, Gemini, and Ernie as Gloss Sign Language Translators in Special Education. *Discov. Glob. Soc.* 2024, 2, 86, doi:10.1007/s44282-024-00113-0.
19. Altinay, Z.; Altinay, F.; Dagli, G.; Shadiev, R.; Othman, A. Factors Influencing AI Learning Motivation and Personalisation Among Pre-Service Teachers in Higher Education. *MIER J. Educ. Stud. Trends Pract.* 2024, 462–481, doi:10.52634/mier/2024/v14/i2/2714.