نفاذ

20TH

الإصدار الذهبي

من مدى مايو ٢٠٢٢

بو حمد

أول مترجم افتراضي قطري للغة الإشارة القطرية

ISSN 0278-9914

9 770278 991447

www.mada.org.qa

نفاذ

من مدى

الإصدار الذهبي

مايو ٢٠٢٢

ISSN (online): 2789-9152
ISSN (print): 2789-9144

المحررون

مها المنصوري
أماني علي التميمي
أشرف عثمان

المراجعون

الجازي الجبر
محمد كثير خريبي
آمنة محمد المطوع
أسامة الغول
أنيربان لاهيري
عليا جمال الكثيري
الدانة أحمد المهندي

المساهمون

هيغو جاكوم أندرادي
أشرف عثمان
أسامة الغول
الدانة المهندي
شهباز أحمد
شذى بنبعية
سامي سدراتي

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 والاقتباس الكامل للعمل الأصلي في الصفحة الأولى من النسخة و 3) لا يلمح 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 والاقتباس الكامل للعمل الأصلي على الصفحة الأولى من النسخة المنشورة. إن النسخة المقبول 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 وتحريرها 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© 2021 من مركز مدى برقم ترخيص CC BY-NC-ND 4.0

مركز "مدى"

مركز "مدى" هو مؤسسة خاصة ذات نفع عام تأسست في عام ٢٠١٠ كمبادرة لتوطيد معاني الشمولية الرقمية وبناء مجتمع تكنولوجي قابل للنفاذ لذوي القيود الوظيفية - ذوي الإعاقة والمتقدمين في السن. وقد أصبح مدى اليوم مركز الامتياز في النفاذ الرقمي باللغة العربية في العالم.

يعمل المركز عبر شراكات استراتيجية على تمكين قطاع التعليم لضمان التعليم الشامل وقطاع الثقافة والمجتمع ليصبح أكثر شمولاً من خلال تكنولوجيا المعلومات والاتصالات. ويحقق المركز ذلك من خلال بناء قدرات الشركاء ودعم تطوير واعتماد المنصات الرقمية وفق المعايير الدولية 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 والمتقدمين في السن في المجتمع الرقمي.

حقق مركز مدى على الصعيد الوطني نسبة نفاذ ٩٠٪ إلى المواقع الإلكترونية الحكومية، أما على الصعيد العالمي فقد حققت قطر المركز الأول وفق مؤشر تقييم حقوق النفاذ الرقمي.

الرؤية

"تحسين إمكانية نفاذ تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في قطر والعالم".

الرسالة

"إطلاق الإمكانات الكامنة لدى جميع الأشخاص ذوي القيود الوظيفية - ذوي الإعاقة والمتقدمين في السن - من خلال بناء القدرات ودعم تطوير المنصات الرقمية القابلة للنفاذ".

حول نفاذ

"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.

المحتويات

الصفحة ٨
بو حمد
أول مترجم افتراضي قطري للغة الإشارة القطرية

أشرف عثمان,
أسامة الغول

الصفحة ١٥
تعزيز إمكانية النفاذ أثناء تجربة الزائر في المتاحف
رمز الاستجابة السريعة لتوفير وصف قابل للنفاذ للقطع الفنية في المتحف العربي للفن الحديث بلغة الإشارة

الدانة المهندي,
شهباز احمد

الصفحة ٢٠
SpeakLiz من تالوف
تطبيق جوال للتعرف على لغة الإشارة
بدعم من برنامج مدى للابتكار

هوجو جاكوم أندرادي، شهباز أحمد

الصفحة ٢٨
فهم تحديات إنشاء مجموعة بيانات لغة الإشارة لنظام التقاط الحركة
منظور تقني

سامي سدراتي,
أسامة الغول

الصفحة ٣٥
نحو نموذج لتقييم مترجمي لغة الإشارة الافتراضيين

شذى بن نبية

الصفحة ٤١
"جملة"، أداة لتوفير التعليقات التوضيحية بلغة الإشارة
نظرة عامة

أشرف عثمان،
أسامة الغول

دعوة مفتوحة لتقديم المقالات

"نفاذ" هي مجلة متاحة للجميع تنشر مساهمات بحثية أصلية في مجال النفاذ وسهولة الاستخدام وتشكل مصدر المعلومات الرئيسي لنشر الحقائق حول أحدث الاتجاهات والابتكارات في مجال النفاذ إلى تكنولوجيا المعلومات والاتصالات لتمكين الأشخاص ذوي الإعاقة والمتقدمين في السن. وتركز "نفاذ" على البحوث النظرية والمنهجية والتجريبية ذات الطبيعة التكنولوجية إضافة إلى تلك التي تتناول النفاذ العادل والمشاركة الفعالة لجميع الأشخاص في مجتمع المعلومات.

المواضيع ذات الصلة

تشمل الجوانب والمواضيع المهمة التي تتم مناقشتها في "نفاذ" (على سبيل المثال لا الحصر):

- المبادئ التوجيهية للنفاذ.
- الألعاب القابلة للنفاذ.
- الواجهات القابلة للتكيف والتعديل.
- تكنولوجيا الإدخال / الإخراج البديلة والمعززة.
- تطبيقات التكنولوجيا المساعدة المتنوعة.
- البنى المعمارية التكنولوجية وأساليب التطوير وأدوات النفاذ إلى تكنولوجيا المعلومات والاتصالات.
- التصميم الشامل والتعليم والتدريب على إمكانية النفاذ.
- تقييم إمكانية النفاذ وسهولة الاستخدام وتجربة المستخدم.
- التطبيقات والبيئات المساعدة المبتكرة وحلول النفاذ إلى تكنولوجيا المعلومات والاتصالات.
- التوطين.
- تصميمات جديدة للصغار والمتقدمين في السن والأشخاص ذوي الإعاقات المختلفة.
- الحلول التكنولوجية وأجهزة ومنصات واستعارات التفاعل الجديدة.
- الحلول التكنولوجية القابلة للتخصيص الشخصي والمنتجات والخدمات الشخصية.
- عناصر البرمجة الذكية والمدن الذكية والبيئات الذكية.
- النفاذ إلى الويب.

بالإضافة إلى ما سبق، فإنه يمكن لنفاذ استضافة إصدارات خاصة ومراجعات كتب ورسائل إلى المحرر وإعلانات (مثل المؤتمرات والندوات والعروض التقديمية والمعارض والتعليم والمناهج والجوائز وبرامج البحث الجديدة) والتعليقات (على سبيل المثال حول السياسات أو التشريعات الجديدة).

لماذا تنشر مقالتك معنا؟

تم تسجيل "نفاذ" وفهرستها بواسطة معرِّف الوثيقة الرقمي. وتحتوي جميع الإصدارات على الرقم الدولي الموحد للدوريات عبر الإنترنت والنسخ المطبوعة.

لتقديم مشاركة، يرجى زيارة:

https://nafath.mada.org.qa/submit-your-paper/

أو يمكنكم إرسالها مباشرة إلى المحررين عبر البريد الإلكتروني:

innovation@mada.org.qa

أشرف عثمان،
أسامة الغول
مركز مدى

بو حمد

أول مترجم افتراضي قطري للغة الإشارة القطرية

كما هو الحال مع جميع اللغات المنطوقة، فإن لغات الإشارة لها قواعد نحوية وبنية خاصة. على الرغم من أنها كانت مرئية ومتعددة الأبعاد وتستند أساسًا إلى الإيماءات، إلا أن لغة الإشارة تتبع قواعد نحوية محددة.

وبالتالي، يجب أن يتبع الإنشاء الآلي للغة الإشارة هذه القواعد. ولهذا السبب، يعمل مركز مدى على تطوير إطار عمل جديد يهدف إلى دعم الباحثين والمطورين لإنشاء أدوات مبتكرة جديدة للصم. إن الهدف الأساسي هو إنشاء أدوات تعزز تطوير البرامج باستخدام جمل تم التحقق من صحتها نحويًا. وتعتمد لغات الإشارة بشكل أساسي على الإيماءات اليدوية وإيماءات الوجه.

ولهذا السبب، يتعامل الإنشاء الآلي للغة الإشارة بشكل أساسي مع شخصية افتراضية ثلاثية الأبعاد. حيث يمثل استخدام الشخصيات الافتراضية مهمة إلزامية في مجال توليد لغة الإشارة. ويعمل مركز مدى منذ عام 2019 على تصميم وتطوير مترجم افتراضي للغة الإشارة العربية والقطرية. وقد تم إطلاق هذه الشخصية الافتراضية الآن على الموقع الإلكتروني للمركز. حيث يتم استخدامها لترجمة محتوى الموقع إلى لغة الإشارة القطرية. وفي هذه الورقة، نصف هدف هذا المشروع ونوضح كيف تم تصميمه.

الكلمات المفتاحية
الشخصيات الافتراضية ثلاثية الأبعاد، الإنشاء لغة الإشارة، لغة الإشارة القطرية

تستخدم مجتمعات الصم في البلدان المختلفة لغات إشارة مختلفة، وهي غير موحدة [1]. وقد وجدنا أن لغة الإشارة (SL) مستخدمة في الولايات المتحدة وأستراليا والمملكة المتحدة وفرنسا وألمانيا وإسبانيا والبرازيل وجنوب إفريقيا والصين وكوريا واليابان ودول أخرى. وبالنسبة للدول العربية، وجدنا أن معظم الأبحاث الحالية تركز على استخدام لغة الإشارة العربية أو لغة الإشارة العربية الموحدة [2]. ومع ذلك، تختلف لغة الإشارة من دولة عربية إلى أخرى، حيث تستخدم مجتمعات الصم العربية لغات إشارة مختلفة، مثل لغة الإشارة القطرية (QSL) ولغة الإشارة السعودية [3] ولغة الإشارة التونسية [4]. وبهدف نقل المعلومات بين الصم، يستخدم مترجم لغة الإشارة قنوات متعددة لبناء البيئة المكانية الزمانية [5]، مما يجعل فهم لغة الإشارة ومعالجتها تحديًا للباحثين ويفتح مجال بحثٍ نشطٍ في مجالات مختلفة مثل اللغويات [6] واللغويات الحاسوبية [7] وعلم الاجتماع [8]. ومن جهة اللغويات الحسابية، فإن لغة الإشارة المحوسبة تغطي تخصصات مختلفة:

(1) التعرف على لغة الإشارة [9] ،
(2) بناء مجموعات البيانات بلغة الإشارة.
(3) الترجمة الآلية من اللغة المنطوقة إلى لغة الإشارة [10]،
(4) الترجمة الآلية من لغة الإشارة إلى لغة الإشارة [11]،
(5) تركيب لغة الإشارة باستخدام وكلاء المحادثة أو الشخصيات الافتراضية [12]،
(6) أنظمة تدوين لغة الإشارة وإرفاق التعليقات التوضيحية [13]،
(7) توليد وإنتاج لغة الإشارة [7] [14].

يتطلب إنتاج لغة الإشارة وترجمتها والتعرف عليها مجموعات بيانات واسعة النطاق ومجموعات لغوية لبناء أنظمة دقيقة [15]، [16]. ومع ذلك، لا توجد مجموعات بيانات واسعة النطاق متاحة للجمهور بأي لغة إشارة مع شرح توضيحي عالي الجودة لمعالجة لغة الإشارة المحوسبة. ويؤثر هذا الأمر على تقدم البحث ويقلل من إمكانية النفاذ إلى المعلومات والتكنولوجيا لمجتمعات الصم وينطوي على شعور زائف بالاستعداد التكنولوجي لهم.

ولمعالجة هذه المشكلة، أطلق مركز مدى مشروع بحث "لغة الإشارة جملة" الذي يهدف إلى تحسين إمكانية النفاذ للصم باستخدام شخصيات افتراضية ثلاثية الأبعاد للترجمة إلى هذه اللغة. ويتكون مشروع "لغة الإشارة جملة" من خمسة عناصر:

(1) مترجم لغة الإشارة الافتراضية "بو حمد"، وهو متوفر للعمل مباشرة على موقع مركز مدى بحيث يترجم محتوى الويب إلى لغة الإشارة القطرية في الوقت الفعلي، مع الأخذ في الاعتبار جميع مكونات لغة الإشارة [17] (الشكل 1).
(2) الترجمة الآلية إلى لغة الإشارة من مدى والتي تهدف إلى توفير ترجمة فورية للنص باللغة العربية
(3) نظام إرفاق التعليقات التوضيحية للغة الإشارة [18].
(4) مستودع مفتوح المصدر يحتوي على مكونات نصية للتعرف على الجسم والوجه [18].
(5) "مجموعة بيانات جملة" وهي مكتبة تحتوي على مقاطع فيديو مرفقة بتعليقات توضيحية.

ونركز في هذا البحث على المكون الأول (مترجم لغة الإشارة الافتراضية "بو حمد").

الشخصية الافتراضية ثلاثية الأبعاد

يهدف هذا العمل إلى إنشاء شخصية افتراضية قطرية واقعية يمكنها إنشاء لغة الإشارة القطرية بشكل آلي. ومن المعروف أن معالجة اللغة المصدر هي مهمة شاقة لأنها يجب أن تستند إلى قواعد لغوية محددة. ومع ذلك، فإن العديد من أنظمة الترجمة القائمة على الشخصيات الافتراضية تستخدم الترجمة كلمة بكلمة بسبب نقص الدراسات اللغوية على لغة الإشارة العربية [المرجع] وبالتالي، عدم وجود مجموعة أدوات تطوير البرمجيات وأدوات البرمجة التي تساعد المطورين على بناء تطبيقاتهم.

ووفقًا للعديد من مجموعات التركيز مع الصم القطريين، يجب أن تكون الشخصية الافتراضية واقعية تنتج حركات طبيعية وتعبيرات وجه معبرة وواقعية. إن الشخصية الافتراضية المصممة هنا تتمتع بمعالم شخص قطري يرتدي الملابس القطرية (الثوب والغترة). وقد تطلب تطوير شخصية "بو حمد" الافتراضية حل العديد من التحديات التكنولوجية، فهي يجب أن تدعم هذه الشخصية الرسوم المتحركة الحية والواقعية. ويجب أيضًا تشغيلها على بيئة ويب ذات اتصال إنترنت منخفض السرعة وموارد رسومية منخفضة. وفي الواقع فإن إنشاء الطبقة الخارجية (البشرة) هذه الشخصية يتم من خلال بتطبيق ما يقرب من 116.000 شكل مضلع و 71.000 رأس زاوية (الشكل 2).

الشكل ١.
المترجم الافتراضي " بو حمد" على موقع مدى

الشكل ٢.
تصميم بشرة ولحية وملابس الشخصية الافتراضية

ومن أجل تنشيط الطبقة الخارجية (البشرة) هذه، فقد استخدمنا هيكلًا عظميًا مكونًا من 101 عظمة وطبقنا 38 شكلًا مدمجًا لتحريك الوجه (الشكل 3). وتشكل الرسوم المتحركة مجرد وصف للتغييرات على طول الخط الزمني. وبالنسبة لهذه الشخصية ثلاثية الأبعاد، فقد اعتمدنا طريقتين لتحويل شبكة المثلث الخاصة به لإنشاء رسم متحرك:

- **الرسوم المتحركة من خلال الهياكل العظمية المرتبطة بالشخصية:** يتم تطبيق التحويلات الصلبة لكل عظمة. تم تصميم جلد الشخصية بما يتناسب مع الهيكل العظمي. ونعني بتطبيق الجلد على الهيكل عملية ربط شبكة نموذج ثلاثي الأبعاد بالهيكل العظمي الافتراضي بحيث أننا عندما نقوم بتحريك الهيكل العظمي لشخصية ما، يتحرك الطبقة الخارجية (البشرة) معه، مما يؤدي إلى إنشاء رسوم متحركة عالية الجودة للشخصية. وستخدم هذه الرسوم المتحركة لعمل إيماءات الجسم واليد.
- **الرسوم المتحركة من خلال تحويل الشبكة:** أي تحريك كل رأس للشبكة بشكل منفصل وتخزين موقعها الجديد أو من خلال وصف تغييرها من خلال وظائف معينة. ولكن هذه التكنولوجيا تستهلك الموارد بشكل كبير. و لهذا السبب، فقد استخدمناها فقط لإنشاء رسوم متحركة للوجه.

الشكل ٣.
تطبيق الطبقة الخارجية "البشرة" على الشخصية

كما قمنا بتطوير مجموعة من الأدوات والخدمات لضمان نجاح تطبيق الرسوم المتحركة على الشخصية. ويتيح إطار العمل هذا للمطورين دمج هذه الشخصيات الافتراضية بسهولة في مواقعهم على الويب وترجمة النصوص إلى لغة الإشارة.

بنية الإطار

تم تصميم مشغل وسائط لغة الإشارة في مواقع الويب من مدى Mada SLWebplayer لمساعدة المطورين على إضافة مترجمين افتراضيين إلى لغة الإشارة إلى مواقعهم على الويب دون الحاجة إلى تطويرهم من الصفر. تم تصميم الخدمة لضمان توفرها الدائم (باستخدام الخوادم السحابية) وإمكانية تطوير كل مكون من مكوناتها. وقد اعتمدنا 5 طبقات معمارية منظمة على النحو التالي:

- خادم الموقع
  يحتوي خادم الويب على موقع الويب الرئيسي الذي يتضمن الصورة الرمزية.
- خادم مدى لمفتاح ترخيص النظام SLK
  الخادم الذي يوفر مجموعة أدوات لغة الإشارة التي اقترحها مدى. وهو يتيح مجموعة الأدوات للمطورين بما يسمح لهم بدمج مشغل الشخصية الافتراضية في مواقعهم على الويب، كما هو موضح في القسم التالي.
- نظام مدى لبث لغة الإشارة في الوقت الفعلي Mada RealTime SL Streamer
  بمجرد تحريك المؤشر فوق فقرة ما، يقوم برنامج نصي مخصص على خادم مدى SLK تلقائيًا بإنشاء طلب لبدء تلقي ترجمة لغة الإشارة عبر حركة الشخصية كمحتوى بث ثنائي مضغوط.
- خادم قاعدة بيانات الإشارات
  خادم يحتوي على قاعدة بيانات الرسوم المتحركة في لغة الإشارة (الكلمات + الجمل المشروحة)
- خادم مدى للترجمة الآلية إلى لغة الإشارة SLMT
  الترجمة الآلية بميزة التعلم العميق المستخدمة لترجمة النص العربي إلى لغة الإشارة العربية.

تستخدم اتصالات الشبكة بروتوكول WebSocket والذي يوفر قناة اتصال ثنائية الاتجاه عبر اتصال TCP واحد. وقد تم توحيد هذا البروتوكول من قبل منظمة فريق عمل هندسة الإنترنت IETF كـ RFC 6455 في عام 2011، ويتم توحيد WebSocket API في Web IDL بواسطة رابطة الويب العالمية W3C. كما يتم أخذ عينات من بيانات الرسوم المتحركة للغة الإشارة وإرسالها على فترات زمنية منتظمة، حيث يعتمد طولها على تكوين نظام مدى لبث لغة الإشارة في الوقت الفعلي. وتتراوح معدلات أخذ العينات النموذجية بين 20 و 60 هرتز. كما يمكن تعديل معدل التحديث لدفق الشبكة في الوقت الفعلي بشكل منفصل.

لقد قدمنا في هذه الورقة إطارًا جديدًا لدمج المترجم الافتراضي ثلاثي الأبعاد إلى لغة الإشارة في مواقع الويب أو تطبيقات سطح المكتب لجعله في متناول الصم عن طريق الإنشاء الآلي للغة الإشارة. إن الشخصية الافتراضية المقترحة هي شخصية واقعية تنتج إشارات يد طبيعية وتعبيرات وجه مقنعة. وقد قام مركز مدى بتفعيل هذه الشخصية الآن على موقعه الإلكتروني، حيث تبدو ردود الفعل من الأشخاص الصم واعدة حتى الآن. كما يمثل هذا العمل المرحلة الأولى من مشروع كبير يهدف إلى تحسين توفير الترجمة إلى لغة الإشارة في مواقع الويب.

الشكل ٤.
البنية المعمارية لنظام المترجم الافتراضي إلى لغة الإشارة القطرية

نحن في مدى نقدر تقديراً عالياً جهود فريق برنامج مدى للابتكار والمساهمين من مجتمع الصم القطري و المركز القطري الثقافي للصم و مجمع التربية السمعية، ونشعر بالامتنان لهم على مساهمتهم الفاعلة. حيث يعود نجاح مهام معالجة التقاط الحركة ومشروع "لغة الإشارة جملة" لدعمهم وتعاونهم.

المراجع

[1] W. Sandler and D. Lillo-Martin, Sign language and linguistic universals. Cambridge University Press, 2006.

[2] M. A. Abdel-Fattah, "Arabic sign language: a perspective," J. Deaf Stud. Deaf Educ., vol. 10, no. 2, pp. 212–221, 2005.

[3] Y. O. M. Elhadj, Z. Zemirli, and K. Ayyadi, "Development of a bilingual parallel corpus of Arabic and Saudi Sign Language: Part I," in Intelligent Informatics, Springer, 2013, pp. 285–295.

[4] M. Jemni, S. Semreen, A. Othman, Z. Tmar, and N. Aouiti, "Toward the creation of an Arab Gloss for arabic Sign Language annotation," in Fourth International Conference on Information and Communication Technology and Accessibility (ICTA), 2013, pp. 1–5.

[5] T. Shanableh, K. Assaleh, and M. Al-Rousan, "Spatio-temporal feature-extraction techniques for isolated gesture recognition in Arabic sign language," IEEE Trans. Syst. Man Cybern. Part B Cybern., vol. 37, no. 3, pp. 641–650, 2007.

[6] B. Woll, "The History of Sign Language Linguistics," Oxf. Handb. Hist. Linguist., 2013.

[7] D. Bragg et al., "Sign language recognition, generation, and translation: An interdisciplinary perspective," in The 21st international ACM SIGACCESS conference on computers and accessibility, 2019, pp. 16–31.

[8] W. C. Stokoe, "Sociology in Sign Language Studies," Sign Lang. Stud., vol. 36, no. 1, pp. 227–231, 1982.

[9] R. Rastgoo, K. Kiani, and S. Escalera, "Sign language recognition: A deep survey," Expert Syst. Appl., vol. 164, p. 113794, 2021.

[10] J. Bungeroth and H. Ney, "Statistical sign language translation," in Workshop on representation and processing of sign languages, LREC, 2004, vol. 4, pp. 105–108.

[11] A. Othman and M. Jemni, "Statistical sign language machine translation: from English written text to American sign language gloss," ArXiv Prepr. ArXiv11120168, 2011.

[12] H. Maarif, R. Akmeliawati, and T. S. Gunawan, "Survey on language processing algorithm for sign language synthesizer," Int. J. Robot. Mechatron., vol. 4, no. 2, pp. 39–48, 2018.

[13] A. Schembri and O. Crasborn, "Issues in creating annotation standards for sign language description," in sign-lang@ LREC 2010, 2010, pp. 212–216.

[14] R. Rastgoo, K. Kiani, S. Escalera, and M. Sabokrou, "Sign Language Production: A Review," in Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2021, pp. 3451–3461.

[15] A. Duarte et al., "How2Sign: a large-scale multimodal dataset for continuous American sign language," in Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2021, pp. 2735–2744.

[16] H. R. V. Joze and O. Koller, "Ms-asl: A large-scale data set and benchmark for understanding American sign language," ArXiv Prepr. ArXiv181201053, 2018.

[17] "Mada – Digital Access for All." https://mada.org.qa/ (accessed Nov. 30, 2021).

[18] "Mada Center," GitHub. https://github.com/madainnovation (accessed Nov. 30, 2021).

تعزيز إمكانية النفاذ أثناء تجربة الزائر في المتاحف

رمز الاستجابة السريعة لتوفير وصف قابل للنفاذ للقطع الفنية في المتحف العربي للفن الحديث بلغة الإشارة

الدانة المهندي،
شهباز احمد،
مركز مدى

تشكل المتاحف العمود الفقري الثقافي لأي مدينة. ويعني ضمان إمكانية نفاذ الأشخاص ذوي الإعاقة إليها أنه يمكن للجميع المشاركة في التفاعل مع المجموعات المعروضة أو حتى تنظيمها، سواء تم عرضها في مكان مادي أو افتراضي. فمن الممكن بسهولة كسر الحواجز التي ارتبطت تقليديًا بتجارب المتاحف باستخدام أدوات رقمية مختلفة. وقد تعاون المتحف العربي للفن الحديث "المتحف" ومركز مدى على إنشاء محتوى مترجم بلغة الإشارة وتخصيص رمز استجابة سريعة لكل قطعة فنية يفتح رابطًا يحتوي على فيديو مترجم بلغة الإشارة. وقدم المتحف المحتوى الذي تمت ترجمته بلغة الإشارة وتسجيله فيما بعد في ستوديو مدى. وتقدم هذه المبادرة الدعم للأشخاص ذوي الإعاقات السمعية ليتمكنوا من خوض تجربة زيارة المتحف بشكل مستقل.

الكلمات المفتاحية
لغة الإشارة، صم، المتحف القابل للنفاذ

مقدمة

يركز مفهوم النفاذ الرقمي على ضمان تمتع الأشخاص ذوي الإعاقة بفرص متساوية للوصول إلى جميع مجالات الحياة عبر تكنولوجيا المعلومات والاتصالات. ويشمل ذلك إزالة جميع الحواجز التي تحول دون استخدام منتجات وخدمات وتطبيقات تكنولوجيا المعلومات والاتصالات من قبلهم والتي تسهل أنشطة الحياة اليومية وتزيد من إنتاجية العمل وتسهل تبادل المعلومات وتحسن الحياة الاجتماعية. فإذا لم تكن هذه الخدمات شاملة بما يكفي لتقديمها للجميع، بما في ذلك الأشخاص ذوي الإعاقة، فقد تصبح بالفعل أدوات لعزل شرائح معينة من المجتمع عن الآخرين، وبالتالي منع التحول الرقمي ووضع حواجز أمام مساهمة الجميع فيه بطريقة حقيقية وملموسة. وتفرض الوسائط الجديدة متطلبات تفاعل جديدة واعتبارات جديدة فيما يتعلق بإمكانية النفاذ. كما تعد الحاجة إلى تلبية متطلبات مجموعة متنوعة من السكان في المتحف من حيث إمكانية النفاذ أمرًا صعبًا للغاية. وبشكل أكثر تحديدًا، يعتبر الأشخاص ذوي الإعاقات السمعية من بين الأشخاص الذين يواجهون صعوبات في فهم المعلومات المكتوبة والشفوية.

يمكن أن تشكل المتاحف بيئة صعبة للزوار ذوي الإعاقة، حيث توجد مبانٍ يصعب التنقل فيها على كرسي متحرك، وتقام المعارض مع قليل من التسهيلات لذوي الإعاقات الحسية أو المعرفية. ومن خلال الحلول الصحيحة وتوصيات الخبراء وتعليقات المستخدمين، يمكن تحسين إمكانية النفاذ لتلبية الحاجة المتزايدة للمواقع السياحية القابلة للنفاذ في قطر. وانطلاقًا من التزامه بأداء دوره كممكن استراتيجي لنفاذ تكنولوجيا المعلومات والاتصالات، وتماشيًا مع جهود مركز مدى لتمكين قاعدة متساوية للأشخاص ذوي الإعاقة والمتقدمين في السن للمشاركة في الحياة الثقافية عبر تكنولوجيا المعلومات والاتصالات، تعاون المركز مع "المتحف" في تطوير مشروع مبتكر للترجمة بلغة الإشارة عبر الفيديو لتوفير تجربة مستخدم كاملة للزوار ذوي الإعاقات السمعية. وتسعى هذه المبادرة إلى السماح لهؤلاء الأشخاص بزيارة مرافق المتحف والنفاذ إلى جميع معلومات القطع الأثرية التي هي حاليًا في المرحلة التجريبية. ومن خلال هذا التعاون مع المتحف العربي للفن الحديث، يهدف مدى إلى تعزيز تجربة المستخدم حيث يتم توجيه الزوار خلال المعارض المختلفة بطريقة تعزز تجربة التعلم، مما يجعل المتاحف أكثر كفاءة وتجربة الزائر أكثر إمتاعًا.

حالة استخدام من مركز مدى

ترجمة فورية للغة الإشارة في المتاحف باستخدام الواقع المعزز

ملخص

بالنظر إلى أن الأشخاص ذوي الإعاقات السمعية في العالم العربي يعتمدون بشكل كبير على استخدام لغة الإشارة للتواصل، فإن هناك حاجة ماسة لتطوير التكنولوجيا لتوفير ترجمة للغة الإشارة حيث لا يمكن توفير المترجمين البشريين بشكل دائم. ومن هنا كان هناك حاجة إلى حل لضمان نفاذ هؤلاءالأشخاص إلى محتوى الوسائط المتعددة الثرية (على سبيل المثال، الفيديو والإعلانات الصوتية والنصوص والرسومات واللافتات) من خلال الواقع المعزز. حيث سيمكن حل كهذا الأشخاص ذوي الإعاقة السمعية من النفاذ إلى المعلومات الأساسية والمشاركة في الأنشطة المختلفة بشكل أكثر استقلالية وعدالة. وهذا مهم بشكل خاص في المتاحف، حيث تعتمد كل من رحلة الزائر وشاشات العرض بشكل كبير على استخدام اللافتات وشاشات الوسائط المتعددة لنقل المعلومات الأساسية.

المستخدمون المستهدفون

- **زوار المتحف من ذوي الإعاقة السمعية.**
- **مستخدمو لغة الإشارة.**

رحلة الزائر

تبلغ مريم من العمر 24 عامًا، وهي صماء وتستخدم لغة الإشارة للتواصل. وتتطلع مريم لاستخدام هاتفها الذكي للوصول إلى معلومات حول الإعلانات واللافتات الثابتة والرقمية في حياتها اليومية.

بيان الحالة

بصفتها مستخدِمة للغة الإشارة، لا تستطيع مريم قراءة المعلومات الموجودة في الوسائط الثابتة أو النصية والوسائط المتعددة القائمة على الوسائط المتعددة (مثل الصوت والفيديو والرسومات وما إلى ذلك) أثناء زيارتها للمتاحف. وتضع عدم القدرة على النفاذ إلى المعلومات الهامة المتعلقة بالمتاحف مثل أوصاف العرض المكتوبة الأشخاص ذوي الإعاقة السمعية في وضع غير مواتٍ للغاية مقارنة بالآخرين.

جولات فيديو لغة الإشارة

توفر معظم المتاحف، إن لم يكن جميعها، جولات صوتية أو إرشادية لزوارها. ويتم توفير الجولات الصوتية من خلال جهاز صوتي يحتوي على أوصاف صوتية لكل معرض، ويدير الجولات أحد المرشدين المختصين. ولكن وفي الحقيقة، لا تفيد أي من هاتين الطريقتين الزائرين الصم (ما لم يكن هناك دليل آخر يوفر لغة الإشارة - وهو أمر لم يسجل سابقاً). كما تحتوي المعارض على أوصاف نصية، ولكن في معظم الأحيان لا يتحلى الزوار بالكثير من الصبر لقراءة جميع هذه الأوصاف.

وبهدف توفير قدر أكبر من الراحة للزوار الصم، ولتشجيعهم على زيارة المتاحف لتنوير أنفسهم وتعزيز تجربتهم فيها، تعاون مركز مدى مع مترجمي لغة الإشارة المعتمدين في قطر، جنبًا إلى جنب مع فريق الفنون في المتحف العربي للفن الحديث لإنشاء جولات فيديو تحتوي على مقاطع صوتية وترجمة إلى لغة الإشارة القطرية وتعليقات توضيحية. وسيحتوي كل معرض على مقطع الفيديو الخاص به والذي سيمكن النفاذ إليه عبر رمز الاستجابة السريعة المعروض على الحائط. حيث سيؤدي مسح رمز الاستجابة السريعة عبر الهاتف أو الجهاز اللوحي إلى تشغيل مقطع فيديو يشرح المعرض الذي يتواجد فيه الزائر.

التنفيذ

تلقى مركز مدى نص الوصف المكتوب للمعروضات من فريق أمناء المتحف العربي للفن الحديث ليقوم المركز بعد ذلك بتدقيقه واستخدامه للتسجيل في ستوديو مدى. وقد وظف مدى متخصصين قطريين في لغة الإشارة لتحويل النص إلى لغة إشارة تم تسجيلها في استوديو مدى. كما تمت مطابقة مقاطع الفيديو المسجلة لاحقًا مع القطع الفنية وتم إنشاء رمز الاستجابة السريعة لكل قطعة فنية. واستهدفت المرحلة الأولى من المشروع مجموعة المعروضات الدائمة في المتحف. وبعد انتهاء العمل، تمت مشاركة المستند مع فريق المتحف العربي للفن الحديث للفحص النهائي لرموز الاستجابة السريعة قبل إرسالها لفريق الإنتاج لطباعتها وتثبيتها بجانب القطع الفنية. وقد قام مدى مع الفريق المتخصص والمستخدمين النهائيين بزيارة المتحف لاختبار جميع رموز الاستجابة السريعة المثبتة والتحقق من عملها بنجاح.

الشكل ١.
فيديو رمز الاستجابة السريعة للترجمة إلى لغة الإشارة

الخاتمة

إن استخدام مقاطع فيديو مسجلة مسبقًا لتوفير الترجمة والوصف بلغة الإشارة من الأساليب الشائعة جدًا. وعلى الرغم من أن هذا الحل يقدم نتائج طبيعية بشكل عام، إلا أنه غير قابل للتطبيق حيث لا يمكن تحديث مقاطع الفيديو هذه وإثرائها بسهولة بمعلومات جديدة وبالتالي تصبح قديمة. كما أن إعادة تسجيل هذه المقاطع يشكل مهمة شاقة وتستغرق وقتًا طويلاً وهي أيضًا عملية مكلفة، بينما يؤدي "تجميع" مقاطع من الإشارات لإنتاج كلمات وجمل غالبًا إلى نتائج غير طبيعية بسبب الانقطاعات التي تظهر بالتأكيد في تحرير الفيديو. ومع تطوير مترجمي لغة الإشارة الافتراضيين، يمكن تصحيح هذه المسألة في المستقبل القريب.

SpeakLiz من تالوف

تطبيق جوال للتعرف على لغة الإشارة

بدعم من برنامج مدى للابتكار

هوجو جاكوم أندرادي
تالوف

شهباز أحمد
مركز مدى

يناقش هذا المقال تكنولوجيا التعرف على لغة الإشارة والتي تعد جزءًا من واحدة من أكثر خوارزميات الذكاء الاصطناعي (AI) تحديًا: التعرف على الإيماءات باستخدام الكاميرا. إنه تطبيق عملي جديد نسبيًا بالمقارنة مع وجوده القديم والنظري في مجال الذكاء الاصطناعي العام. وربما يرجع ذلك إلى قوة الحوسبة المطلوبة لجهاز ما لتتبع الإيماءات المعقدة (مثل لغات الإشارة) فقط باستخدام كاميرا جنبًا إلى جنب مع ظروف الإضاءة والتركيز وثبات حركة الكاميرا غير المثالية أو حتى العديد منها مجتمعة. ومع ذلك، فإن الوصول إلى نتائج مقبولة على الأجهزة المحمولة بمهمة التعرف هذه يعد أمرًا بعيد المنال إذا ما قورن بالقيام بذلك على أجهزة الكمبيوتر (في الواقع، معظم المشاريع البحثية في هذا المجال تعتمد على الكمبيوتر).

الكلمات الرئيسية
التعرف على لغة الإشارة.

يبدأ كل شيء في الذكاء الاصطناعي بمجموعة البيانات (صورة أو نص أو صوت أو مستند). وبغض النظر عن التطورات العديدة في موثوقية الذكاء الاصطناعي مع كميات أقل وأقل من البيانات، لا يزال العثور على ذكاء اصطناعي يمكن أن يقترب من القدرة البشرية النموذجية للتعلم يعتبر أمراً بعيد المنال. وهذا يعني أن مجموعات البيانات الخاصة بتغذية أداة التعرف على الإيماءات هذه يجب أن تأخذ في الاعتبار كمية كبيرة من البيانات مع العديد من المتغيرات (اختلافات طفيفة في أداء الإيماءة من شخص إلى آخر والسرعة) [١]. كما أن لغات الإشارة معقدة للغاية في تنوعها عبر مختلف البلدان والمناطق [٢]. ويتم توصيل المعلومات عبر حركات الأصابع البسيطة وإيماءات الوجه؛ لذلك، تصبح عملية التنظيم التفصيلية للغاية داخل مجموعة البيانات ضرورية للحصول على أفضل مدخلات ممكنة لحلول الذكاء الاصطناعي اللاحقة التي ستعالج تلك البيانات.

فهم عملية التعرف على لغة الإشارة

يتطلب فهم التعرف على لغة الإشارة من الجانب التكنولوجي فهماً عميقاً لبعض اتجاهات الحوسبة والذكاء الاصطناعي [3]. وتعتبر هذه المهمة معقدة جداً على الأجهزة المحمولة بسبب الوقت المطلوب للمعالجة المحلية والاتصال بالإنترنت مع خادم يقوم بمعالجة البيانات ويرسل تعليقات توضيحية أو مخرجات مماثلة إلى الهاتف المحمول [4]. وفي هذه الحالة، يجب أن يكون مستوى تحسين الموارد الحسابية كبيرًا للحصول على أداة مفيدة تأخذ في الاعتبار أفضل تجربة مستخدم ممكنة (UX). وبخلاف ذلك، يمكن للمطورين ببساطة تطوير حل قادر على العمل، على الرغم من أنه سيحرق نظام الهاتف في الشريحة ويسنزف بطاريته في غضون ثوانٍ، مما يجعله عديم الفائدة للتطبيقات الواقعية.

الشكل ١.
خوارزمية التعرف على لغة الإشارة (Kumar, A, 2016)

إن الذكاء الاصطناعي هو نظام شامل يغطي جميع مجالات منح الآلات القدرة على أن تكون ذكية [5]. وهنا تتوافق الشبكات العصبية التلافيفية (CNN) مع إحدى الطرق الأكثر شيوعًا لتعلم الآلة لأنها تهدف إلى أداء بعض المهام لمحاكاة كيفية تحديد الشبكات العصبية للدماغ البشري للأنماط وتصنيف المعلومات. وعندما يتعلق الأمر بالتعرف على لغة الإشارة، فإن هناك الكثير من التقنيات ذات الأساليب المختلفة. ومع ذلك، فإن بعضًا من أكثرها شيوعًا هو اكتشاف الأجسام وتحليل الفيديو اعتمادًا على نوع البيانات المراد تحليلها (الإيماءات الثابتة أو تلك التي تتضمن الحركات المعقدة).

لذلك، كان من الضروري التفكير في نوع الشبكات العصبية التلافيفية الذي يمكن أن يعمل بشكل أفضل عندما يكون الهدف هو تحليل أو تتبع البيانات من حركة الإنسان. وهنا يمكن أن يكون البحث عن الشبكات العصبية التلافيفية المصممة للتعامل مع البيانات التي تتغير بطريقة ما بمرور الوقت اختيارًا ممتازًا. ويمكن أن يكون هناك العديد من الخيارات مثل شبكات الذاكرة قصيرة المدى الطويلة (LSTM) [6] والشبكات العصبية المتكررة التلافيفية (SCRNN) من بين أمور أخرى. كما أنه من الضروري ملاحظة أن قرار اختيار الشبكة العصبية يعتمد على نوع مجموعة البيانات المستخدمة في المشروع.

ومن الضروري تحليل عدة أمور منذ بداية المشروع بحيث يمكن للباحثين والمطورين تجنب العديد من المفاهيم الخاطئة وتفادي التسبب في تأخير الوقت أو إنفاق الموارد غير الضرورية.

ومع ذلك، فإن الجزء المهم الآخر من هذه الرحلة هو توفير تجربة المستخدم الصحيحة والمحددة للمستخدمين ذوي الإعاقات السمعية، والذي يتضمن العمل على موثوقية الأداة ليس فقط من الجانب التكنولوجي ولكن أيضًا من جانب فائدتها. فمن المعروف أن العديد من أدوات الذكاء الاصطناعي توفر مخرجات رديئة من حيث التعقيد النحوي، ولا يمكنها تجاوز سوى الكلمات الفردية. وبالتالي يصبح تطبيق المعالجة الصحيحة للغة الطبيعية (NLP) أمرًا ضروريًا لسد فجوات التعقيد النحوية بين الجانبين. كما قد تختلف الهياكل النحوية للغات الإشارة عن اللغات المنطوقة. وهذا هو السبب في أن معالجة اللغة الطبيعية تعد جزءًا حيويًا من هذا اللغز (ليس فقط من حيث التعرف على لغة الإشارة ولكن أيضًا من جهة إنشاء لغة الإشارة عبر الشخصيات الافتراضية أو أي خيار مشابه) [7]. ويهدف هذا النوع من التكنولوجيا إلى إتاحة هذه التكنولوجيا للجميع وجعل إمكانية الحصول على مساعد رقمي أرخص لفهم البيئة المحيطة في مهام الحياة اليومية بشكل أفضل.

لا يستطيع الجميع تحمل تكاليف خدمات ترجمة لغة الإشارة لأكثر من ساعتين في أفضل الحالات. حتى بالنظر إلى حالة الموارد غير المحدودة لدفع ثمن هذه الخدمات بشكل دائم، لا تزال هناك مشكلة كبيرة وهي الخصوصية [8]. هناك الكثير من اللحظات التي يرغب فيها مستخدم لغة الإشارة والشخص الذي لا يعرف لغة الإشارة التواصل بينهما فقط دون حضور أي شخص آخر. تلك هي اللحظة التي يصبح فيها هذا النوع من التكنولوجيا ضروريًا للغاية. ويمكن لبقية الحالات، مثل المؤتمرات والبث التلفزيوني وغير ذلك أن تستمر في طلب خدمات الترجمة البشرية للغة الإشارة.

الشكل ٢.
معالجة الشبكات العصبية التلافيفية (CNN) (Maro, J, 2020)

SpeakLiz من تالوف
بدعم من برنامج مدى للابتكار

باختصار، يبدو أن هذه المقاربة للتعرف على لغة الإشارة تمثل تحديًا كبيرًا، ولا يمكن إنكار ذلك، ولكن في الوقت نفسه، يعد رد الفعل الإيجابي لدى المستخدمين أثناء اختبار هذه الأداة دافعًا كبيرًا لمواصلة تطوير مهمة شركة تالوف (التي شارك في تأسيسها كارلوس أوباندو وهوجو جاكوم)، مما يجعل العالم أقرب إلى الجميع بطريقة قابلة للنفاذ مع استخدام أحدث الحلول التكنولوجية القابلة للحمل بسهولة من قبل جميع المستخدمين [9]. ويعد تطوير هذا النوع من الذكاء الاصطناعي لبناء أداة التعرف على لغة الإشارة المحمولة أمرًا صعبًا لأن بناء هذا النوع من التكنولوجيا يتطلب إنشاء العديد من الأشياء من الصفر بما في ذلك مجموعات البيانات. إن الهدف هو تحديث SpeakLiz (المصمم للأشخاص ذوي الإعاقة السمعية) وتزويده بميزات أفضل، خاصةً للتعرف على لغة الإشارة بواسطة الكاميرا.

الشكل ٣.
SpeakLiz من تالوف

يحتوي تطبيق SpeakLiz من تالوف على ميزات مثل ميزة التعرف على لغة الإشارة، والتي تحول لغة الإشارة الكلاسيكية إلى شكل حديث من أشكال الاتصال، عن طريق تحويلها إلى صوت ونص في الوقت الفعلي. كما تعمل ميزة الصوت المحيطي على إبقاء المستخدمين على دراية بما يحيط بهم، حيث ترصد المعطيات الصوتية لتحديد الأصوات المحددة حولهم. وتشمل هذه الأصوات أصوات سيارات الطوارئ وأجهزة الإنذار وأجراس الرنين وأصوات الحيوانات وأصوات الذكور والإناث وأصوات الأطفال وحتى بعض أنواع الموسيقى. وبمجرد اكتشاف هذه الأصوات، يتم تنبيه المستخدمين عن طريق الاهتزاز والإشارات المرئية. وتتيح ميزة الاستماع من جهتها للمستخدمين الصم "قراءة" ما يقوله الآخرون.

يستطيع SpeakLiz فهم ما يصل إلى 48 لغة (في نظام أندرويد) و 35 (في نظام iOS). وعندما يتحدث شخص إلى مستخدم SpeakLiz، يتم تحويل صوته إلى تنسيق النص في الوقت الفعلي. ويمكن للمستخدم قراءة ما يقال والرد وفقًا لذلك. وبهذا يكون المستخدمين الصم الآن قادرون على أداء الأنشطة اليومية دون أي عائق. ونحن نعلم أن التحدث هو عملية معاكسة للاستماع. ومن هنا وباستخدام هذه الميزة، يمكن للمستخدم الأصم كتابة أفكارهم. كما يمكن بعد ذلك تحويل النص إلى كلام بضغطة زر (بما يشمل الرموز الانفعالية).

لقد دخل مركز مدى في شراكة مع سيدستارز (Seedstars) للترويج لحلول النفاذ إلى تكنولوجيا المعلومات والاتصالات بهدف نهائي يتمثل في دعم الشركات الناشئة في مجال النفاذ في قطر وخارجها لتحسين حياة الأشخاص ذوي الإعاقة. ويتشارك الطرفان الرؤية لدعم الابتكار من خلال العمل مع أفضل الشركات الناشئة في هذا المجال وتقديم التمويل المناسب والخبرة المتخصصة [10].
في عام 2020، فازت شركة تالوف بجائزة النفاذ إلى تكنولوجيا المعلومات والاتصالات الرقمية

من مدى- سيدستارز. وفي الآونة الأخيرة، أتاحت تالوف الوصول المجاني إلى تكنولوجيا SpeakLiz و Vision للأشخاص ذوي الإعاقات البصرية والسمعية في الإكوادور. كما فاز الفريق بالجائزة الأولى في أكبر مسابقة لريادة الأعمال الإكوادورية، وتم اختيار الشركة كواحدة من أفضل 200 شركة ناشئة في العالم في مؤتمر قمة الويب بفضل تطبيق SpeakLiz.

وقد أثبتت شركة تالوف أن العديد من هذه الحلول التكنولوجية، بما في ذلك التعرف على الإيماءات، قد نجحت في مجال تيسير النفاذ، هذا المجال الذي يشكل التعامل معه واحدًا من أكثر السيناريوهات تعقيدًا لاستدلال خوارزميات الذكاء الاصطناعي نظرًا للعدد الكبير من العوامل التي يجب أخذها في الاعتبار. وبالتالي، فقد حان الوقت للاستفادة من هذه الأداة لتطبيقها بما يتجاوز إمكانية النفاذ. حيث يمكن أن تستفيد العديد من الصناعات الأخرى من أداة كهذه. وفي الواقع، هناك الكثير من الصناعات الأخرى التي لا تدرك حتى كيف يمكن للتعرف على الإيماءات والتقنيات الأخرى أن تؤثر بشكل إيجابي على عملياتها.

غالبًا ما يكون الأسلوب الشائع في هذا المجال للتعرف على لغة الإشارة هو استخدام المثيلات أو الخوادم البعيدة / عبر الإنترنت التي تتمتع بقوة معالجة كبيرة. ومع ذلك، فإن التحدي يكمن في أنه حتى مع وجود اتصال إنترنت فائق السرعة، فإن هناك دائمًا فترة كمون. وبالنسبة للمستخدم الحقيقي، يمكن أن يشكل هذا العامل الفرق بين حدوث مشكلة ما أو عدم حدوثها. ويقوم فريق تالوف بإجراء مزيد من البحث لمطابقة الأداء الحالي في الوقت الفعلي مع إمكانية التعلم من أنماط جديدة من تجربة كل مستخدم لتضاف إلى النموذج المركزي. ومن المحتمل أن يتطلب الأمر استخدام بعض المثيلات السحابية لتحديثات نموذج محددة عند الطلب ثم نشر جميع أنماط الشبكات العصبية التلافيفية الجديدة مرة أخرى في بيئة محلية. وبهذا يمكنه الاستمرار في تقديم أداء في الوقت الفعلي باستخدام الذكاء الاصطناعي بشكل مستقل.

المراجع

[1] S. Ameur, A. B. Khalifa, and M. S. Bouhlel, “A novel hybrid bidirectional unidirectional LSTM network for dynamic hand gesture recognition with leap motion,” Entertain. Comput., vol. 35, p. 100373, 2020.

[2] A. Othman and M. Jemni, “Designing high accuracy statistical machine translation for sign language using parallel corpus: case study English and American Sign Language,” J. Inf. Technol. Res. JITR, vol. 12, no. 2, pp. 134–158, 2019.

[3] A. Lahiri, A. Othman, D. A. Al-Thani, and A. Al-Tamimi, “Mada Accessibility and Assistive Technology Glossary: A Digital Resource of Specialized Terms,” in ICCHP, 2020, p. 207.

[4] M. Jemni, K. Khribi, A. Othman, O. Elghoul, and K. Jaballah, “AlecsoApps: Toward empowering mobile applications development in the Arab world,” in State-of-the-art and future directions of smart learning, Springer, 2016, pp. 87–93.

[5] M. J. Garbade, “Clearing the confusion: Ai vs machine learning vs deep learning differences,” Data Sci., vol. 14, 2018.

[6] H. Cooper, B. Holt, and R. Bowden, “Sign language recognition,” in Visual analysis of humans, Springer, 2011, pp. 539–562.

[7] A. Amir et al., “A low power, fully event-based gesture recognition system,” in Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition, 2017, pp. 7243–7252.

[8] L. Zhang, G. Zhu, L. Mei, P. Shen, S. A. A. Shah, and M. Bennamoun, “Attention in convolutional LSTM for gesture recognition,” Adv. Neural Inf. Process. Syst., vol. 31, 2018.

[9] L. Pigou, S. Dieleman, P.-J. Kindermans, and B. Schrauwen, “Sign language recognition using convolutional neural networks,” in European Conference on Computer Vision, 2014, pp. 572–578.

[10] D. Al Thani, A. Al Tamimi, A. Othman, A. Habib, A. Lahiri, and S. Ahmed, “Mada Innovation Program: A Go-to-Market ecosystem for Arabic Accessibility Solutions,” in 2019 7th International conference on ICT & Accessibility (ICTA), 2019, pp. 1–3.

فهم تحديات إنشاء مجموعة بيانات لغة الإشارة لنظام التقاط الحركة

منظور تقني

سامي سدراتي،
أسامة الغول
مركز مدى

لغة الإشارة (SL) هي لغة بصرية بنظام نحوي يختلف عن اللغة المنطوقة يستخدمها الأفراد الصم وضعاف السمع كقناة اتصال أساسية. ويمثل نقص المعلومات المترجمة من النص العربي إلى لغة الإشارة حاجزًا كبيرًا. إنه يخلق فجوة بين مجتمعات الصم والمجتمع، وتكون هذه الفجوة أوسع داخل مجتمعات الصم ذات مهارات القراءة والكتابة المنخفضة. ولسد هذه الفجوة، في عام 2021، وكجزء من مشروع لغة الإشارة جملة، طوّر مركز مدى "بو حمد"، أول شخصية افتراضية رقمية (أفاتار) تستخدم لغة الإشارة القطرية لخدمة هذا المجتمع والمساعدة في ترجمة النصوص العربية بلغة الإشارة. وبهدف تحسين الأداء الرقمي ومنح الحياة لهذه الشخصية، تم استخدام نظام التقاط الحركة (mocap) لتسجيل أداء مترجمي لغة الإشارة المحترفين الذين يترجمون الكلمات والجمل العربية الشائعة والمستخدمة في الغالب. وتم تحويل هذه التسجيلات بعد ذلك إلى بيانات رسوم متحركة رقمية لزيادة قياسها وتحسينها كمجموعة بيانات تدريبية للتعلم الآلي (ML). ويعد استخدام نظام التقاط الحركة حاليًا الطريقة الأكثر فاعلية لتحقيق قبول أوسع بين الصم وضعاف السمع من خلال محاكاة الحركة الطبيعية للمترجم الحقيقي. وتلخص هذه المقالة العملية والتحديات الفنية التي واجهت استخدام البيانات الأولية من نظام التقاط الحركة في الشخصية الافتراضية على شكل مجموعة محسّنة من الحركات لبناء مجموعة البيانات.

الكلمات المفتاحية
لغة الإشارة، الشخصيات الافتراضية، مشروع بحث جملة، التعلم الآلي، الذكاء الاصطناعي

نظام التقاط الحركة هو تسجيل رقمي لحركة الأشياء أو الأشخاص [١]. وفي هذه الحالة الأخيرة، يتم التسجيل بمساعدة المستشعرات الموضوعة داخل بدلة مصنوعة خصيصاً ("Inertial Mocap") أو عن طريق وضع علامات على جسم الشخص وتسجيل حركته بكاميرات خاصة ("Optical Mocap"). كما أن هناك تقنيات أخرى لنظام التقاط الحركة حيث تقوم الكاميرات المتخصصة المزودة بأجهزة استشعار للعمق بالتقاط حركة الشخص. ويعد نظام التقاط الحركة أكثر ملاءمة لتسجيل الحركات الدقيقة لليدين والأصابع والأذرع للغة الإشارة بدلاً من إطارات الرسوم المتحركة التقليدية التي أثبتت أنها تستغرق وقتًا طويلاً للغاية ومن المستحيل عملياً إنشاء قاعدة بيانات لغة الإشارة عبرها. على الرغم من النتائج المرئية المرضية التي قد يحققها، فإن نظام التقاط الحركة غالبًا ما يتطلب التحرير والمعالجة قبل استخدامه. وقد استخدم مركز مدى هذه التكنولوجيا في شخصية "بو حمد"، وهي شخصية افتراضية تقوم بترجمة لغة الإشارة القطرية بشكل آلي. وتشكل هذه المهمة جزءً من مشروع بحث لغة الإشارة "جملة" المدعوم من قبل برنامج مدى للابتكار [٢].

فهم عملية المعالجة

يقوم مترجم لغة الإشارة الذي يرتدي بدلة التقاط الحركة بالترجمة بكلمات / جمل بلغة الإشارة يتم تسجيلها بواسطة جهاز كمبيوتر مزود ببرنامج التقاط الحركة. وتنعكس كل حركة يقوم بها مترجم لغة الإشارة على هيكل عظمي افتراضي ليتم حفظها بتنسيق يمكن قراءته من قبل برنامج المعالجة والتحرير. وتشمل عملية المعالجة تحسين البيانات الأولية مثل تقليل الإطارات الرئيسية وتعديل موضع أجزاء الجسم وخاصة اليد والذراع وإزالة الضوضاء.

الشكل ١.
عملية المعالجة من اليسار إلى اليمين: مترجم لغة الإشارة باستخدام البدلة الخاصة - التقاط الحركة في الوقت الفعلي على البرنامج - البيانات المستوردة في برنامج التحرير - مطابقة الحركة مع الشخصية الافتراضية - الحركة المعالجة عبر الشخصية الافتراضية.

مرحلة معالجة التقاط الحركة

ترتبط بعض المهام الأكثر تكرارًا في في عملية المعالجة بإطارات المفاتيح الصفرية (الحركات المسجلة في الحالة الأولية / حالة الراحة). ويرجع ذلك إلى فقدان الإشارة لفترة وجيزة أثناء جلسة تسجيل الحركة. وعلى الرغم من أن بعض المرشحات المضمنة في برنامج التحرير قد تعمل على إصلاح هذا بشكل آلي، إلا أن هناك حالات قد تحذف فيها هذه المرشحات بعض الحركات المطلوبة. وفي هذه الحالة، يعد إصلاح حركات الإطارات الرئيسية يدويًا هو الحل. كما أن هناك مشكلة أخرى متكررة وهي تحدث عندما يتم تسجيل حركة دوران متحرك بشكل غير صحيح، حيث يتم في معظم الحالات رسم قوس دوران طويل بدلاً من دوران قصير. ويرجع ذلك أساسًا إلى الطريقة التي يتعامل بها برنامج الالتقاط وخوارزميته مع دوران المفصل أثناء محاكاة حركة مفصله الأساسي (على سبيل المثال: مفصل الإصبع الأساسي يحاكي حركة المعصم).

الشكل ٢.
قاعدة الإبهام الصفرية (مفصل المشط)

الشكل ٣.
المفصل السلامي يحاكي حركة المعصم المتسارعة

المنهجية والمقاربة المستخدمة

يندرج تحرير التقاط الحركة في إطار الرسوم المتحركة ثلاثية الأبعاد، ولكن بخلاف الرسوم المتحركة ثلاثية الأبعاد التقليدية التي يعرفها الجميع، لا تتبع التقاط الحركة جميع المبادئ الأساسية للرسوم المتحركة التقليدية. وقد تم تطوير هذه المبادئ الأساسية بواسطة رسامي الرسوم المتحركة في ديزني في ثلاثينيات القرن الماضي ولا تزال تتبعها في الوقت الحاضر استوديوهات الرسوم المتحركة ذات الأسماء الكبيرة [3]. إن "الحركة مباشرة إلى الأمام والوقفات المتتالية" هي إحدى تلك المبادئ المشتركة بين تحرير التقاط الحركة والرسوم المتحركة التقليدية مع التركيز على تحرير وضعية "الوقفات المتتالية" [4]. وبالنسبة لمعالجة حركة شخصية "بو حمد"، فقد تم استخدام طريقتين لتحقيق الهدف النهائي:

- **التحرير اليدوي (الوقفات المتتالية):** وهو إنشاء سلسلة من الإشارات المرجعية في الجدول الزمني عن طريق تخزين مواضع الشخصية الافتراضية ومعالجة تلك الإشارات المرجعية. وتعمل الإطارات الرئيسية الأصلية من التقاط الحركة على دفع الحركات بين الإشارات المرجعية وفق إجراءات محددة. ويتمتع هذا النهج بميزة تخزين الإشارات المرجعية التي تم معالجتها (الوقفات) للاستخدام المستقبلي عند مواجهة وضع مماثل للشخصية الافتراضية للتعبير عن كلمات أو جمل مختلفة.
- **التحرير الآلي (البرامج النصية والمكونات الإضافية) (Scripts and plugins):** هناك قدر لا بأس به من البيانات التي يجب معالجتها مع بعض المهام المتكررة مثل اقتطاع الحركة والقص وتحديد الدورات الأولية للمفاصل. ويجب أتمتة هذه المهام بواسطة البرامج النصية والمكونات الإضافية (Scripts and plugins)؛ حيث أن تطويرها وتحديثها بانتظام وصيانتها تعد أمرًا بالغ الأهمية لتقليل وقت الإنتاج.

تعد عمليات التحرير والمعالجة من المهام الشاقة والمستهلكة للوقت. وبينما تحقق طرق تحرير الحركة الحالية تغييرات متواضعة في التقاط الحركة، يمكن أن تتطلب عمليات التحرير الأكثر شمولاً والمعالجة المعقدة من الفنان "إعادة محاكاة" أجزاء من الحركة يدويًا لتحقيق أفضل تمثيل مرئي للحركة الأصلية. ومع النهج اليدوي والآلي المقدم في هذه المقالة يمكن تسريع وقت الإنتاج بشكل كبير. وباستخدام هذه الأساليب، تظهر فرص لمزيد من الدراسة في تعزيز عملية المعالجة من خلال المزج بين هذين النهجين وإدخال طرق معالجة جديدة باستخدام الذكاء الاصطناعي للتعرف على وضعية الشخصية الافتراضية والتركيب الآلي للوقفات المتتالية.

نحن في مركز مدى نقدر تقديراً عالياً جهود فريق برنامج مدى للابتكار والمساهمين من مجتمع الصم القطري و المركز القطري الثقافي للصم و مجمع التربية السمعية، ونشعر بالامتنان لهم على مساهمتهم الفاعلة. حيث يعود نجاح مهام معالجة التقاط الحركة ومشروع "لغة الإشارة جملة" لدعمهم وتعاونهم.

المراجع

[1] T. H. Ribeiro and M. L. H. Vieira, “Motion Capture Technology—Benefits and Challenges,” Int J Innov Res Technol Sci Int J Innov Res Technol Sci, vol. 48, no. 1, pp. 2321–1156, 2016.

[2] D. Al Thani, A. Al Tamimi, A. Othman, A. Habib, A. Lahiri, and S. Ahmed, “Mada Innovation Program: A Go-to-Market ecosystem for Arabic Accessibility Solutions,” in 2019 7th International conference on ICT & Accessibility (ICTA), 2019, pp. 1–3.

[3] F. Thomas, O. Johnston, and F. Thomas, The illusion of life: Disney animation. Hyperion New York, 1995.

[4] T. White, Animation from pencils to pixels: Classical techniques for digital animators. Routledge, 2012.

نحو نموذج لتقييم مترجمي لغة الإشارة الافتراضيين

شذى بن نبية
مركز مدى

يمكن أن يكون لمترجمي لغة الإشارة الافتراضيين تأثير كبير على حياة الصم من خلال إتاحة النفاذ إلى المعلومات في أي وقت وفي أي مكان. ومع التطور التكنولوجي، يمكن أن يشكل مترجمو لغة الإشارة الافتراضيون الحل الفعال من حيث التكلفة للتواصل الذي سيزيل الحواجز بين الصم والعالم. ومع ذلك، فإن معظم الباحثين ليسوا جزءًا من مجتمع الصم. حتى يومنا هذا، ليس لدى مجتمع الصم سوى القليل من المعرفة حول تكنولوجيا الشخصيات الافتراضية للترجمة إلى لغة الإشارة. وهكذا، ابتكر الباحثون واستخدموا طرق التقييم لإشراك الصم والتغذية الراجعة لتطوير وتحسين تجسيدات لغة الإشارة بناءً على احتياجاتهم ومتطلباتهم. ونقوم في هذه المقالة بعرض ومناقشة طرق وأدوات التقييم المستخدمة لتقييم وظائف مترجمي لغة الإشارة الافتراضيين ومقبوليتهم وأوجه قصورهم.

الكلمات المفتاحية
معالجة لغة الإشارة، منهجية التقييم، مترجم لغة الإشارة الافتراضي

قـامـوس مـدى
Mada Glossary

قاموس مدى لمصطلحات النفاذ الرقمي والتكنولوجيا المساعدة

يعد قاموس مدى أول قاموس من نوعه لمصطلحات النفاذ إلى تكنولوجيا المعلومات والاتصالات والتكنولوجيا المساعدة باللغة العربية حيث يعتبر مصدرًا معتمدًا وحيويًا للمفاهيم والمصطلحات التي تخدم الفئات المستهدفة والمبتكرين والباحثين وغيرهم.

تم اعتماد ترجمة هذه المصطلحات من قبل معهد دراسات الترجمة في جامعة حمد بن خليفة.

للإطلاع على القاموس تفضلوا بزيارة
glossary.mada.org.qa

إن مترجمو لغة الإشارة الافتراضيين هم شخصيات افتراضية تنتج لغة إشارة لتحسين الاتصال وإمكانية الوصول إلى المعلومات للصم. وليس الغرض من هذه الشخصيات أن تحل محل مترجمي لغة الإشارة البشريين بل أن تتكامل معهم وتدعمهم في مجالات مختلفة. على سبيل المثال، يُطلب المترجمين عندما تكون ترجمة لغة الإشارة حساسة للغاية ويجب أن تكون دقيقة قدر الإمكان، كما هو الحال في تحديد مواعيد الأطباء. وفي الوقت نفسه، يمكن لمترجمي لغة الإشارة الافتراضيين أن يخدموا غرض ترجمة نص موحد أو ترجمة المحتوى الديناميكي بشكل آلي، مثل الإعلانات والمواقع الإلكترونية [١]. وتعد القراءة والكتابة بدون إشارات سمعية مهمة صعبة بالنسبة للصم مما يتسبب في ترك العديد منهم المدرسة بمستوى منخفض من قدرات القراءة والكتابة مما يحد من نفاذهم إلى كل المحتوى المكتوب. وكان أحد الحلول التي تم تبنيها في وقت مبكر هو استخدام مترجمي لغة الإشارة المسجلين. ومع ذلك، يتطلب هذا الحل تكاليف إنتاج عالية، ولا يمكن تعديل مقاطع الفيديو المسجلة أو حتى إخفاء هويتها بعد الإنتاج. وعلى عكس استخدام الشخصيات الافتراضية لإنتاج لغة الإشارة حيث يمكن تخصيص المظهر بالكامل، ويمكن أن تكون الرسوم المتحركة ديناميكية ويمكن أيضاً تعديلها بسهولة عند الحاجة، وأن يكون لها سلوك تفاعلي، إضافة إلى أن إنتاج محتوى جديد فعال من حيث التكلفة نسبيًا [٢].

غالبًا ما تواجه أي تقنية جديدة تحدي القبول لدى المستخدمين المستهدفين. وعلاوة على ذلك، فإن معظم مطوري مترجمي لغة الإشارة الافتراضيين هم باحثون يتمتعون بحاسة السمع السليمة، مما قد يجعل الأشخاص الصم يشككون في التكنولوجيا لأسباب تاريخية [٢]. ويعد قبول مترجمي لغة الإشارة الافتراضيين داخل مجتمع الصم أمرًا ضروريًا للتنفيذ الناجح للتكنولوجيا. وحاولت الأعمال السابقة إشراك الصم في تطوير وتقييم مترجمي لغة الإشارة الافتراضيين ولكن لم يتم بذل جهد فعال لتوضيح القبول العام لهم. كما أنه من الضروري تحديد المشكلات التي تتسبب في رفض التكنولوجيا بهدف حلها. ولهذا الغرض استخدم الباحثون طرقًا مختلفة لتقييم احتياجات الأفراد الصم، ودمجهم في عملية التطوير واستخدام ملاحظاتهم لتقييم أداء مترجمي لغة الإشارة الافتراضيين. وتعد إمكانية فهم مترجمي لغة الإشارة الافتراضيين عاملاً هامًا يؤثر على القبول والأداء. كما أن مهمة تقييم قابلية الفهم تعد مهمة صعبة وليست يسيرة. كما أنه لا توجد منهجية موحدة لاختبار فهم لغة الإشارة الرمزية [٣]. وفي مشاريع ViSiCAST / eSIGN، تم إجراء اختبارات القابلية للفهم. وأحد القيود هو أن هذه الاختبارات استخدمت في الأساس عددًا قليلاً من المشاركين [٤].

في الأقسام التالية، سيتم استعراض مجموعات التركيز باعتبارها واحدة من أكثر الطرق شهرة لجمع البيانات النوعية مع أمثلة تليها مقاييس الأداء المستخدمة لتحديد أداء تجسيد لغة الإشارة. إن هذه المهمة جزء من مشروع لغة الإشارة "جملة" الذي يدعمه برنامج مدى للابتكار [٥].

مجموعات التركيز

مجموعات التركيز هي أدوات معروفة تستخدم لتقييم التفاعل بين الإنسان والكمبيوتر واستخراج البيانات التجريبية في البحث والتحليل. إن الهدف من مجموعات التركيز في تقييم مترجمي لغة الإشارة الافتراضيين هو استنباط آراء وتعليقات الأشخاص الصم تجاههم في مرحلة البحث والتطوير لتحسين التكنولوجيا وتلبية احتياجات المستخدمين بشكل أفضل. ومن خلال التفاعلات والتعليقات، تسمح هذه الطريقة للباحثين والمطورين بالحصول على معلومات متعمقة من المشاركين في مجموعة التركيز حول تفضيلاتهم وكيفية ترتيب أولوياتهم وما هي القضايا التي يعتبرونها مهمة. وعادة ما تكون مجموعة التركيز عبارة عن مناقشات مركزة بين ٣-١٠ مستخدمين نهائيين محتملين ويقودها أحد الخبراء الذي يقدم المنتج ويوجه المناقشة.

Balch et al. [٦] كانوا أول من استخدم طريقة المجموعة المركزة مع الصم حيث وجدوا أن هذه الطريقة مثمرة للغاية من حيث استخراج المعلومات وفهم احتياجات ومتطلبات المشاركين. واستخدم Kipp et al أساليب مجموعات التركيز لتقييم مقبولية وشمولية تجسيدات لغة الإشارة [٢]. وقدموا بعض التوصيات لضمان جودة جلسات المجموعة المركزة: أ) استخدام المواد المرئية مثل الصور والأيقونات ومقاطع الفيديو ؛ ب) التأكد من أن البيئة صديقة للغة الإشارة ؛ ج) استخدام الأدوات التفاعلية مثل التصويت والمناقشات المفتوحة وجلسات مجموعة التركيز مع تقييمات عبر الإنترنت. كما أجرى Kipp et al [٢] دراسة عبر مجموعة تركيز مع استبيان عبر الإنترنت لتقييم رأي مجتمع الصم الألماني حول تجسيدات لغة الإشارة.

لنأخذ مجموعتي تركيز من ٣ و ٥ مشاركين من الصم. تم تقديم عدة مترجمين افتراضيين للغة الإشارة لمجموعة التركيز، وطُلب منهم تقييمها وتقديم ملاحظاتهم حول أدائها. وقد انتقد المشاركون الصم بشكل أساسي مظهر الشخصيات الافتراضية ووصفوها بأنها غير طبيعية وروبوتية وعديمة المشاعر. وأظهرت هذه الانتقادات أن السمات غير اليدوية للشخصية الافتراضية للترجمة إلى لغة الإشارة مثل أنماط الفم وتعبيرات الوجه وحركات الجسم الطبيعية ضرورية للأشخاص الصم لقبول هذه التكنولوجيا. ولتحديد نتائج مجموعة التركيز، طُلب من المشاركين الصم التصويت على ميزة الشخصيات الافتراضية الأكثر أهمية. حيث حصلت تعبيرات الوجه على أكبر عدد من الأصوات تليها حركة الجسم الطبيعية والعواطف والمظهر وإمكانية الفهم.

الشكل ١.
مجموعة تركيز من مجتمع الصم

استخدم الباحثون في جميع أنحاء العالم طريقة مجموعات التركيز لاختبار المترجمين الافتراضيين للغات الإشارة المختلفة مثل لغة الإشارة الأمريكية ولغة الإشارة السويسرية الألمانية ولغة الإشارة اليابانية ولغة الإشارة البرازيلية ولغة الإشارة التركية ولغة الإشارة البريطانية وغيرها الكثير [٧]-[١٤]. وأثبتت تقييمات مجموعة التركيز من مجتمع الصم لهذه الشخصيات الافتراضية أنها خطوة ضرورية لإدماج المستخدم النهائي في عملية التطوير وزيادة فهمهم وقبولهم للتكنولوجيا. علاوة على ذلك، إنها أيضًا خطوة أساسية للباحثين لفهم المستخدم النهائي لأن معظم الباحثين ليسوا من مجتمع الصم وللتزود بأداة اتصال تلبي احتياجاتهم ومتطلباتهم.

مقاييس الأداء

على الرغم من أن مجموعات التركيز والاستبيانات توفر تقييمًا جيدًا للشخصيات الافتراضية الكرتونية، إلا أن عملية التطوير تتطلب مقاييس أداء مفصلة ومحددة الكمية لقياس تطور هذه الشخصيات. وتتمثل إحدى طرق دراسة مجموعة التركيز في السماح للمشاركين بقياس دقة ترجمة لغة الإشارة بشكل موضوعي. فعلى سبيل المثال، ومع واحدة من أول الشخصيات الافتراضية للترجمة بلغة الإشارة، TESSA [٧]–[١٤]، طُلب من المجموعة توضيح ما إذا كانت عبارة لغة الإشارة التي تنتجها هذه الشخصية دقيقة وسهلة الفهم، وإذا لم يكن الأمر كذلك، فما الذي يمكن أن يكون السبب. ومن خلال هذه الطريقة البسيطة، تمكن الباحثون من تحديد متوسط دقة التعرف على العبارات بنسبة ٦١٪، حيث تم تحديد ٧٠٪ من الأخطاء على أنها ناتجة عن إشارات غير واضحة.

الشكل ٢.
مجموعة تركيز من مجتمع الصم

يتطلب استخدام طرق الترجمة الآلية لترجمة لغة الإشارة وإنتاجها مقاييس أداء لتقييم عملية الترجمة بدقة. وقد استخدم San-Segundo et al [١٥] مقاييس تسجيل النقاط الخاصة بدراسة التقييم الثنائي اللغوي (BLEU)، والتي تحسب الفرق الإحصائي بين الترجمة الآلية والترجمة الأصلية، ومعدل أخطاء الإشارة (SER)، وهي النسبة المئوية لإنتاج الإشارات الخاطئة. ومع ذلك، تم الإبلاغ في هذه الدراسة عن أن معدل أخطاء الإشارة يبلغ ٣١,٦ ٪ وأن التقييم الثنائي اللغوي هو ٠,٥٧٨٠. وبالمثل، قيم Patel et al [١٦] أداء نظامهم في الترجمة الآلية من خلال القياس الإحصائي لدقة التعرف على الصوت والبحث النحوي وتوليف الإشارات والتي حققت في المجمل متوسط دقة ترجمة بحوالي ٧٧٪. علاوة على ذلك، استخدم الباحثون وقت المعالجة لقياس عملهم وكان عند نشر الدراسة ٠,٨٥ ثانية. وفي عمل آخر من قبل Oh et al [١٧]، تم استخدام ترجمة الكلمات ونسبة الكلمات المترجمة آليًا بشكل صحيح لتقييم المترجم الافتراضي الخاص بهم والمخصص للاستخدام في نشرة أحوال الطقس.

علاوة على ذلك، تم استخدام مقياس قابلية النظام للاستخدام (SUS) لتقييم قابلية استخدام أنظمة المترجمين الافتراضيين للغة الإشارة من قبل المستخدم الأصم. وقد استخدم El-Gayyar et al [١٨] مقياس الأداء هذا مع مجموعة تركيز مكونة من ٥ أشخاص صم لتقييم تطبيق مترجم افتراضي للغة للإشارة العربية ضمن مجال محدود. وأحرز التطبيق ٧٩,٨٪ درجة وفق هذا المقياس مما يشير إلى أن هذا التطبيق المطور مقبول.

ومن المهم ملاحظة أنه لتقييم نظام مترجم افتراضي للغة الإشارة، يجب إجراء اختبار شامل مع مراعاة جميع خصائص إنتاج لغة الإشارة مثل الترجمة الدقيقة والإشارات غير اليدوية والتمثيل المكاني ومظهر وطبيعة الشخصية الافتراضية باستخدام كل من الدراسات النوعية ومقاييس الأداء.

يعد إنتاج لغة الإشارة من خلال الشخصيات الافتراضية مهمة صعبة بسبب الطبيعة المعقدة للغة الإشارة. كما أن تقييم مترجمي لغة الإشارة الافتراضيين ليس ضروريًا فقط لقياس تقدم التنمية ولكن أيضًا لزيادة مشاركة مجتمع الصم وقبوله لأن المترجم الافتراضي هو حل يمكن أن يجعل حياتهم اليومية أكثر سهولة وأكثر استقلالية. ولهذا السبب، يجب الجمع بين طرق التقييم التكميلية لاختبار وتقييم أداء هؤلاء المترجمين الافتراضيين وإمكانية فهمهم وتقبلهم.

المراجع

[١] S. Ebling, “Evaluating a Swiss German Sign Language Avatar among the Deaf Community,” Proc. Third Int. Symp. Sign Lang. Transl. Avatar Technol., no. October, 2013.

[٢] M. Kipp, Q. Nguyen, A. Heloir, and S. Matthes, “Assessing the deaf user perspective on sign language avatars,” in ASSETS’11: Proceedings of the 13th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility, 2011, pp. 107–114. doi: 10.1145/2049536.2049557.

[٣] M. Huenerfauth, L. Zhao, E. Gu, and J. Allbeck, “Evaluation of American sign language generation by native ASL signers,” in ACM Transactions on Accessible Computing, 2008, vol. 1, no. 1. doi: 10.1145/1361203.1361206.

[٤] J. R. Kennaway, J. R. W. Glauert, and I. Zwitserlood, “Providing signed content on the Internet by synthesized animation,” ACM Trans. Comput.-Hum. Interact., vol. 14, no. 3, 2007, doi: 10.1145/1279700.1279705.

[٥] D. Al Thani, A. Al Tamimi, A. Othman, A. Habib, A. Lahiri, and S. Ahmed, “Mada Innovation Program: A Go-to-Market ecosystem for Arabic Accessibility Solutions,” in 2019 7th International conference on ICT & Accessibility (ICTA), 2019, pp. 1–3.

[٦] G. I. Balch and D. M. Mertens, “Focus group design and group dynamics: Lessons from deaf and hard of hearing participants,” Am. J. Eval., vol. 20, no. 2, 1999, doi: 10.1177/109821409902000208.

[٧] M. J. Davidson, “PAULA : A Computer-Based Sign Language Tutor for Hearing Adults,” 2006.

[٨] S. Ebling and J. Glauert, “Building a Swiss German Sign Language avatar with JASigning and evaluating it among the Deaf community,” Univers. Access Inf. Soc., vol. 15, no. 4, pp. 577–587, 2016, doi: 10.1007/s10209-015-0408-1.

[٩] I. Zwitserlood, M. Verlinden, J. Ros, and S. Van Der Schoot, “SYNTHETIC SIGNING FOR THE DEAF: eSIGN.”

[١٠] T. Uchida et al., “Sign language support system for viewing sports programs,” in ASSETS 2017 - Proceedings of the 19th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility, 2017, pp. 339–340. doi: 10.1145/3132525.3134768.

[١١] T. Uchida et al., “Systems for supporting deaf people in viewing sports programs by using sign language animation synthesis,” ITE Trans. Media Technol. Appl., vol. 7, no. 3, pp. 126–133, 2019, doi: 10.3169/mta.7.126.

[١٢] J. R. F. Brega, I. A. Rodello, D. R. C. Dias, V. F. Martins, and M. de P. Guimarães, “A virtual reality environment to support chat rooms for hearing impaired and to teach Brazilian Sign Language (LIBRAS),” 2014.

[١٣] C. Eryigit, H. Köse, M. Kelepir, and G. Eryigit, “Building machine-readable knowledge representations for Turkish sign language generation,” Knowl.-Based Syst., vol. 108, 2016, doi: 10.1016/j.knosys.2016.04.014.

[١٤] S. Cox et al., “TESSA, a system to aid communication with deaf people,” in Annual ACM Conference on Assistive Technologies, Proceedings, 2002, pp. 205–212. doi: 10.1145/638286.638287.

[١٥] R. San-Segundo et al., “Speech to sign language translation system for Spanish,” Speech Commun., vol. 50, no. 11–12, pp. 1009–1020, 2008, doi: 10.1016/j.specom.2008.02.001.

[١٦] B. D. Patel, H. B. Patel, M. A. Khanvilkar, N. R. Patel, and T. Akilan, “ES2ISL: An Advancement in Speech to Sign Language Translation using 3D Avatar Animator,” in Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering, 2020, vol. 2020-Augus. doi: 10.1109/CCECE47787.2020.9255783.

[١٧] J. Oh, S. Jeon, M. Kim, H. Kwon, and I. Kim, “An avatar-based weather forecast sign language system for the hearing-impaired,” IFIP Adv. Inf. Commun. Technol., vol. 436, 2014, doi: 10.1007/978-3-662-44654-6_51.

[١٨] M. M. M. M. El-Gayyar, A. S. A. S. Ibrahim, and M. E. E. Wahed, “Translation from Arabic speech to Arabic Sign Language based on cloud computing,” Egypt. Inform. J., vol. 17, no. 3, pp. 295–303, Nov. 2016.

“جملة”، أداة لتوفير التعليقات التوضيحية بلغة الإشارة

نظرة عامة

أشرف عثمان،
أسامة الغول
مركز مدى

تصف هذه الورقة مشروعًا مستمرًا لتطوير أداة جديدة قائمة على الويب لتوفير التعليقات التوضيحية بلغة الإشارة. وتُستخدم هذه الأداة لربط أول مجموعة بيانات للغة الإشارة القطرية المسماة "مجموعة بيانات جملة: مجموعة لغة الإشارة القطرية جملة" مع نص مكتوب باللغة العربية. ويأخذ التعليق التوضيحي لمقاطع الفيديو بلغة الإشارة القطرية (QSL) مدخلات من مترجمي لغة الإشارة لتحديد مكونات المسارد العربية بهدف تمثيل لغة الإشارة القطرية بطريقة مكتوبة بدقة عالية، علاوة على استخدام مخرجات التعليق التوضيحي في تطوير أدوات لغة الإشارة المحوسبة. ويعتمد الشرح بلغة الإشارة القطرية على مدخلات من أربعة مقاطع فيديو مسجلة بواسطة الأشخاص الصم أو مترجمي لغة الإشارة من زوايا مختلفة (الجانب الأمامي والجانب الأيسر والجانب الأيمن ومنظر الوجه). ويكون المخرج عبارة عن ملف JSON يحتوي على جميع الجمل المفسرة المعطاة كسجل أولي. وقد تم شرح ومحاذاة المسارد لكل فترة زمنية مع المحتوى العربي. علاوة على ذلك، توفر هذه الأداة المتوفرة كمصدر مفتوح نظام إدارة لتصنيف جميع السجلات من الكاميرات وأنظمة التقاط الحركة والملفات المحررة بالإضافة إلى إمكانية إنشاء مكونات لكل مصطلحات التعليقات التوضيحية حسب لغة الإشارة المستهدفة.

الكلمات المفتاحية
أداة التعليقات التوضيحية، مجموعة لغة الإشارة، لغة الإشارة القطرية، ربط التعليقات

تمثل لغات الإشارة الطريقة الأساسية للتواصل بين الأشخاص ذوي الإعاقات السمعية ومجتمعات الصم وهي مستخدمة من قبل مجموعات كبيرة من الأشخاص في جميع أنحاء العالم. وتعتبر لغات الإشارة لغات مرئية طبيعية مختلفة عن اللغات المنطوقة [1]. وهي ذات بنية نحوية غنية مع بنية خاصة للجملة ومفردات فريدة [2] مقارنة باللغات المنطوقة [3]. ومع ذلك، فإنه بدون نموذج مكتوب لا يمكن معالجة المعلومات بواسطة الآلة وتفسيرها من قبل البشر. ولهذا، يمكن كتابة لغة الإشارة بطريقة تسمح لأي شخص باستخدامها لبناء الأنظمة وتطوير التطبيقات المختلفة. تتميز لغات الإشارة ببنية زمانية مكانية تختلف عن التركيب الخطي للغة المنطوقة. وتتحدى هذه البنية تطوير النموذج المكتوب لتغطية المستويات النحوية والدلالية. وكما هو الحال في اللغات المنطوقة، تحتوي لغة الإشارة أيضًا على مستويات نحوية مختلفة تتطلب شرحًا توضيحيًا لمعالجة وإجراء المهام المطلوبة، ويمكن تنفيذ ذلك لكل منها آلياً أو يدويًا وفقًا لتقدم الأبحاث.

ويسمح التعليق التوضيحي للغة الإشارة بكتابة جميع المعلومات اللغوية المتعلقة بلغة الإشارة باستخدام وصف نصي. ويتم تعريف التعليقات التوضيحية على أنها نوع خاص من المهام حيث نضيف معلومات إضافية إلى جزء من النص لتحسين تفسيره وتحليله وفهمه وتطبيقه [4]. وفي هذه الورقة، نقدم أداة جديدة تعمل على شبكة الإنترنت قام مركز مدى بتطويرها لتوضيح لغة الإشارة حيث يقدم برنامج مدى للابتكار [5] الدعم الكامل لمشروع "لغة الإشارة جملة". ويوفر هذا المشروع للمستخدمين والمطورين أول مترجم افتراضي للغة الإشارة القطرية لترجمة النص العربي إلى لغة الإشارة القطرية والعربية.

مراجعة الأدبيات

يتم تعريف التعليق التوضيحي في لغة الإشارة على أنه تعليق أو تحليل نقدي أو توضيحي، أو تعليق مضاف إلى نص، أو عملية كتابة هذا التعليق في الحوسبة، أو إضافة بيانات وصفية إلى مستند أو برنامج. هذا بالمقارنة مع "الترميز" الذي يتم تعريفه على أنه نظام من الأحرف أو الرموز أو التعبيرات المختصرة المستخدمة في الفن أو العلم أو في الرياضيات أو المنطق للتعبير عن الحقائق أو الكميات التقنية [6]. وفي لغة الإشارة المحوسبة، سوف نشير إلى مصطلح التعليق التوضيحي لوصف الشكل المكتوب للغة الإشارة. وسيُستخدم مصطلح الترميز في علم اللغة المستخدم في أعمال Stokoe و Sutton [7] .

بالنسبة لأنظمة التعليقات التوضيحية المستخدمة لوصف الإشارات في مقاطع الفيديو المسجلة، يمكن تصنيف العديد من الأعمال إلى ثلاث فئات:

(1) أنظمة التعليقات التوضيحية اليدوية: حيث يجب على المستخدم إضافة تعليقات وأوصاف لكل إشارة.

(2) التعليق التوضيحي الآلي: الذي يستخدم الخوارزميات والتعلم الآلي للتعليق على مقطع فيديو بشكل آلي. (حتى اليوم، لا يوجد نظام دقيق وعالي الأداء قادر على الوصول إلى نفس المستوى من أنظمة التعليقات التوضيحية اليدوية).

(3) أنظمة التعليقات الخاضعة للإشراف: وهي أنظمة هجينة تسمح للمستخدم بإضافة مسميات وعلامات يدوية مع نصوص آلية.

بالنسبة لكل أنواع أنظمة التعليقات التوضيحية، يجب تضمين مكونات لغة الإشارة التالية أثناء إضافة التعليقات والملاحظات: (1) العلامات اليدوية: أشكال اليد وتوجيه اليد وحركات الكتفين وحركات الجسم وتوجيه الجسم وحركات الرأس ونظرة العين وتعابير الوجه (الحاجبين، الجفون، والأنف)، الفم (صور الفم وإيماءات الفم) والعاطفة إن أمكن. ويمكن أن تحتوي أيضًا على تسميات نحوية إضافية مثل تصنيف أنواع مكونات الكلام والفهرسة. ونذكر هنا واحدة من أكثر الأدوات التي تم الاستشهاد بها وهي ELAN [8]. إنها أداة مجانية متعددة الوسائط للتعليقات التوضيحية لوسائط الصوت والفيديو الرقمية. وهي تدعم النسخ متعدد المستويات لما يصل إلى ستة ملفات فيديو متزامنة لكل مستند تعليق توضيحي [9]. وقد تم استخدامها للتعليق على Corpus NGT وهي عبارة عن مجموعة من ما يقرب من 72 ساعة من الحوارات من 92 موقعًا مختلفًا تعد لغة الإشارة الهولندية لغتها الأولى [10]. وبعد إطلاق البرنامج، استخدمت العديد من المشاريع البحثية أداة ELAN لتوفير التعليقات التوضيحية في مقاطع الفيديو بلغات الإشارة المختلفة.

الأهداف

إن الهدف الرئيسي من هذا العمل هو توفير أداة مجانية مفتوحة المصدر تساعد الباحثين واللغويين على وضع تعليقات توضيحية على مقاطع الفيديو بلغات الإشارة المختلفة. وعلى سبيل المثال لا الحصر ومن منظور البحث فإننا ، من خلال الأداة الحالية، نحاول حل المشكلات التالية المتعلقة بمهام شرح لغة الإشارة ومعالجتها:

(1) تطوير واجهة ومنصة تعاونية عبر الإنترنت مع أنظمة للتصويت.

(2) تضمين العمل اليدوي وغير اليدوي مع توفير التقنيات اليدوية والآلية لوضع التعليقات (تحت الإشراف،بشكل شبه خاضع للإشراف، بشكل غير خاضع للإشراف).

(3) تكامل طبقات التعليقات متعددة المستويات. فبالنسبة لمدخلات لغة الإشارة، يمكننا توسيع التعليق التوضيحي إلى المستوى اللغوي والمستوى خارج النطاق اللغوي.

بعد تسجيل الفيديو الخام، ننتقل إلى مهام بناء المجموعة اللغوية وإضافة التعليقات التوضيحية على الفيديو. وتعتبر مهمة المعالجة المسبقة ضرورية لاقتصاص الفيديو وجعله جاهزًا للتعليق التوضيحي. كما يمكن تنفيذ مهمة التعليق التوضيحي بدون مرحلة المعالجة. ويمكن أن يؤدي إخراج التعليق التوضيحي إلى تحسين جودة إخراج مرحلة المعالجة. كما تتيح مرحلة البيانات الوصفية للمضيف تحديد أنواع المسميات المستخدمة أثناء مهمة التعليق التوضيحي، ويمكن لها أن تكون إحدى مخرجات مرحلة ما قبل المعالجة. وعلى العموم، يمكن أن تكون أنواع البيانات الوصفية عبارة عن ملصقات نحوية أو أي معلومات مستخدمة أثناء مراحل التعليقات التوضيحية مما يساعد في مرحلة المعالجة أيضًا. ويلهم نموذج إدارة المجموعة اللغوية نموذج الإدارة من Dash [4]. ونحن هنا نعتمد المنهجية الموضحة في عمل Ide و Suderman، "إطار عمل التعليقات التوضيحية اللغوية" [11]، التي طورتها منظمة المعايير الدولية (ISO) كمعيار ISO TC37 SC4. والتي تحدد الخصائص والمبادئ الأساسية لتمثيل التعليقات التوضيحية اللغوية وتؤدي إلى تصميم نموذج بيانات مجردة. إن هذا المشروع لا يزال مستمرًا ولم ينفذ بعد العملية الكاملة لإطار العمل. وحتى اليوم، تم تطوير أداة عبر الإنترنت لدعم المهتمين بإضافة التعليقات التوضيحية لإضافتها إلى مقاطع الفيديو الخاصة بلغة الإشارة. وتتم هذه المهمة على النحو التالي:

(1) يقوم مسؤول الموقع بتحميل الفيديو إلى الأداة مع الجملة المكتوبة.

(2) يعالج شخص أصم الفيديو ويقطعه إلى فقرات حسب الإشارات. بحيث تبدأ كل إشارة في إطار معين وتنتهي في إطار آخر.

(3) يضيف شخص أصم ثان تسميات تتعلق بعلامات غير يدوية مثل تعبيرات الوجه ونظرة العين وحركة الرأس وحركة الجسم واليد غير المهيمنة.

(4) يقوم خبير لغة الإشارة بمراجعة التعليق التوضيحي الكامل وتأكيده.

(5) يتم تنظيم ورشة عمل لمراجعة جميع التعليقات التوضيحية من قبل لجنة خاصة واعتماد التعليقات التوضيحية المقترحة.

تحتوي الواجهة على المكونات التالية (الشكل 1):

- **الصندوق الأصفر**
  يحتوي على الجملة باللغة الأصلية (على سبيل المثال في اللغة العربية: لم يخبرك بكل ما يعلم (بالإنجليزية: لم يخبرك بكل ما يعرفه))
- **الصندوق الأحمر:**
  يحتوي على معاينة متزامنة لأربعة مقاطع فيديو مسجلة (منظر أمامي، منظر يسار، منظر يمين، منظر وجه). ويمكن للمضيف استخدام مقطع فيديو واحد فقط (على سبيل المثال، منظر أمامي). وقد قمنا نحن باستخدام أربع طرق عرض لضمان دقة التعليقات التوضيحية.
- **المربع الأزرق**
  يحتوي على الجدول الزمني مع شريط التقدم.
- **المربع البرتقالي**
  يحتوي على قائمة بمكونات لغة الإشارة. ويتم إضافة كل مكون في طبقة منفصلة. كما يمكن لمدير الأداة إدارة مكونات لغة الإشارة (الإضافة والإزالة) لأن لغة الإشارة تختلف.
- **المربع الأخضر**
  حيث يتم عرض منطقة التعليق التوضيحي التي تحتوي على جميع الملصقات المضافة بواسطة التعليقات التوضيحية من إطار البداية إلى إطار النهاية.

ويمكننا على سبيل المثال أن نلاحظ هنا أن الجملة لم يتم ترجمتها بلغة الإشارة كلمة بكلمة ولكن بشكل مختلف: "معلومات | كامل | خبر | ما فيه "(بالإنجليزية: no | news | full | information). علاوة على ذلك، بالنسبة إلى تسميات النطق، يتم استخدام الإشارات غير اليدوية لإكمال المعنى الكامل للجملة وحركة الجسم المستخدمة لوضع إشارة "لا" في موضع فراغ آخر للرجوع إليها.

الشكل ١.
"جملة"، أداة التعليقات التوضيحية بلغة الإشارة.

يجب أن تتبع أدوات التعليقات التوضيحية للغة الإشارة نموذجًا مكتوبًا. وبالنسبة للغة العربية، يمكننا اتباع منهجية المسارد كما هو مطبق في لغة الإشارة الأمريكية [13]. كما أن هناك العديد من المزايا في شرح لغة الإشارة:

- من خلال مهام إرفاق تعليقات توضيحية بلغة الإشارة، يمكننا فهم بنية جمل لغة الإشارة والبنية اللغوية في غياب قواعد لغة الإشارة.
- من خلال مهام التعليق التوضيحي، يمكننا تحديد واسترجاع المعلومات والنطق والقواعد والمعنى والجمل والبنية النحوية والمعاني والخطاب والمعلومات التصويرية من فيديو لغة الإشارة.
- يمكننا تحديد الوقت وموقع الأشياء والموضوعات وحجم مساحة أداء الإشارات.
- يمكننا توفير نموذج البيانات الوصفية لأغراض المعالجة.

علاوة على ذلك، فقد فتح الشرح بلغة الإشارة الباب أمام موضوعات بحثية جديدة، وهي تجزئة لغة الإشارة والتعليق التوضيحي الآلي ولا يقتصر الأمر على ذلك. [12] [13] وتغطي فوائد لغة الإشارة المشروحة عدة مجالات مثل التكنولوجيا والقطاع التجاري للترجمة الآلية والتعرف على لغة الإشارة والمجالات الإثنوجرافية والإنسانية. علاوة على ذلك، وبفضل النمو السريع للتكنولوجيا والذكاء الاصطناعي، فإننا كلما قدمنا المزيد من التعليقات التوضيحية، أمكن للأبحاث أن تنتج المزيد من الاتجاهات الجديدة نحو تحسين نوعية الحياة والعيش المستقل للصم [14].

تعمل أدوات إضافة التعليقات التوضيحية بلغة الإشارة على حل العديد من المشكلات التي تواجه معالجة لغة الإشارة من المشكلات اللغوية وأنظمة التعرف الآلي على لغة الإشارة وتطوير أنظمة الترجمة الآلية الإحصائية. وقد تمكن مركز مدى من خلال هذا العمل من إنجاز التعليق التوضيحي لـ 1600 جملة مسجلة مسبقًا وإتاحتها للجمهور. وتستغرق مهمة التعليق التوضيحي وقتًا لضمان جودة المخرجات. علاوة على ذلك، فقد قدمنا أداة جديدة للتعليق التوضيحي بلغة الإشارة تغطي عدة مستويات من مهام التعليق التوضيحي اللغوي إلى ما هو خارج اللغوي. وتعتبر مخرجات مهام التعليق التوضيحي أمرًا بالغ الأهمية لإحراز تقدم في البحث في لغة الإشارة المحوسبة بشكل عام. وبالإضافة إلى ذلك، يقدم هذا العمل مساهمة أصلية في معالجة لغة الإشارة القطرية ويمكن أن يمتد إلى لغات الإشارة الأخرى العربية والأجنبية. ويمكن أن يكون هذا مفيدًا جدًا لتعزيز المهارات التعليمية والارتقاء بها لدى الطلاب الصم في التعليم الابتدائي.

نحن في مركز مدى نقدر تقديراً عالياً جهود فريق برنامج مدى للابتكار والمساهمين من مجتمع الصم القطري و المركز القطري الثقافي للصم و مجمع التربية السمعية، ونشعر بالامتنان لهم على مساهمتهم الفاعلة. حيث يعود نجاح مهام معالجة التقاط الحركة ومشروع "لغة الإشارة جملة" لدعمهم وتعاونهم.

المراجع

[1] J. G. Kyle, J. Kyle, B. Woll, G. Pullen, and F. Maddix, Sign language: The study of deaf people and their language. Cambridge university press, 1988.

[2] K. Emmorey, Language, cognition, and the brain: Insights from sign language research. Psychology Press, 2001.

[3] U. Bellugi and S. Fischer, "A comparison of sign language and spoken language," Cognition, vol. 1, no. 2–3, pp. 173–200, 1972.

[4] N. S. Dash, Language Corpora Annotation and Processing. Springer, 2021.

[5] D. Al Thani, A. Al Tamimi, A. Othman, A. Habib, A. Lahiri, and S. Ahmed, "Mada Innovation Program: A Go-to-Market ecosystem for Arabic Accessibility Solutions," in 2019 7th International conference on ICT & Accessibility (ICTA), 2019, pp. 1–3.

[6] "Annotation vs Notation - What's the difference?," WikiDiff, May 05, 2015. //wikidiff.com/annotation/notation (accessed Nov. 30, 2021).

[7] M. Kato, "A study of notation and sign writing systems for the deaf," Intercult. Commun. Stud., vol. 17, no. 4, pp. 97–114, 2008.

[8] O. Crasborn and H. Sloetjes, "Enhanced ELAN functionality for sign language corpora," in 6th International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC 2008)/3rd Workshop on the Representation and Processing of Sign Languages: Construction and Exploitation of Sign Language Corpora, 2008, pp. 39–43.

[9] O. A. Crasborn and H. Sloetjes, "Using ELAN for annotating sign language corpora in a team setting," 2010.

[10] O. A. Crasborn and I. E. P. Zwitserlood, "The Corpus NGT: an online corpus for professionals and laymen," 2008.

[11] N. Ide and K. Suderman, "The Linguistic Annotation Framework: a standard for annotation interchange and merging," Lang. Resour. Eval., vol. 48, no. 3, pp. 395–418, 2014.

[12] H. Chaaban, M. Gouiffès, and A. Braffort, "Automatic Annotation and Segmentation of Sign Language Videos: Base-level Features and Lexical Signs Classification.," in VISIGRAPP (5: VISAPP), 2021, pp. 484–491.

[13] A. Othman and M. Jemni, "Designing high accuracy statistical machine translation for sign language using parallel corpus: case study English and American Sign Language," J. Inf. Technol. Res. JITR, vol. 12, no. 2, pp. 134–158, 2019.

[14] A. Othman and M. Jemni, "Statistical sign language machine translation: from English written text to American sign language gloss," ArXiv Prepr. ArXiv11120168, 2011.