مجالات الرؤية في الواقع المعزز

أ.د/ محمد زيدان عبدالحميد

أستاذ تكنولوجيا التعليم والحاسب الآلي
كلية التربية النوعية- جامعة المنوفية

مجالات الرؤية فى الواقع المعزز

أ.د/ محمد زيدان عبدالحميد (*)

wide field of view (360 degree) vs small fields of view

يختلف الواقع المعزز Augmented Reality عن الواقع المختلط Mixed Reality والواقع الافتراضى Virtual Reality حيث فى عام 1994 عرف ميلجرام Milgram وكيشينو Kishino الواقع المختلط بأنه أى مكان يقع فى أقصى نهاية الاتصال

* أستاذ تكنولوجيا التعليم والحاسب الآلى- كلية التربية النوعية- جامعة المنوفية.

الواقعي، حيث يمتد الواقع الافتراضي من الحقيقة الكاملة إلى البيئة الافتراضية الكاملة مع الواقع المعزز، والواقع الافتراضي المعزز واقعاً بينهم، حيث أوضح محمد خميس (2015، ص1) أن الواقع الافتراضي هو بيئة محاكاة افتراضية، انغماسية وتفاعلية، لأشياء حقيقية أو تخيلية، ثلاثية الأبعاد، منشأة بواسطة رسوم الكمبيوتر ثلاثية الأبعاد، ينغمس فيها المشاهد باستخدام تكنولوجيات حاسوبية مختلفة، مثل النظارات المجسمة والقفازات.

في حين أوضح ويليام (William 2016, p.16) أن الواقع المعزز هو فن تركيب المحتوى المولد كمبيوترياً على عرض حي للعالم بالإضافة إلى دمج المعلومات الرقمية مع لقطات فيديو حية أو بيئة المستخدم في الوقت الحقيقي وأن الواقع المعزز يختلف عن الواقع الافتراضي في أن تقنية الواقع الافتراضي تجعل المستخدم يشعر بالانغماس التام داخل بيئة اصطناعية في حين أن هذا الانغماس يجعل المستخدم لا يستطيع رؤية العالم الحقيقي من حوله، وفي المقابل، يسمح الواقع المعزز للمستخدم برؤية العالم الحقيقي من حوله مع الأجسام الافتراضية المضافة إليه أو المؤلفة مع الواقع.

شكل (4) نموذج ملجرام عن الاتصال الواقعي (Furht, 2011, p. 26)

يوضح الشكل السابق (نموذج ملجرام)، الحقيقة المدمجة والتي تضم في طرفها البيئة الواقعية والبيئة الافتراضية وتحتل المنطقة الوسطى بينهم كلاً من الواقع المعزز والواقع الهجين والواقع الافتراضي المعزز، بمعنى آخر يختلف الواقع المعزز عن الواقع الافتراضي في أن الأشخاص في الواقع الافتراضي يتوقعون خبرة مولدة من خلال الكمبيوتر في بيئة افتراضية أما في الواقع المعزز البيئة هي بيئة واقعية ولكنها معززة بمعلومات مرئية بواسطة النظام (Lee, 2012, p.13)، حيث يعتبر الواقع المعزز الجسر الذي يربط بين الواقع الحقيقي والواقع الافتراضي بطريقة سلسلة وهو ما إنفق عليه كلاً من محمد خميس (2015، ص2) وكذلك شانج وموريال ميديكيلا (2010، ص1380-1385) morreale & medicherla

شكل (5) " نموذج ميلجرام عن الاتصال الواقعي" حيث يوضح العلاقة بين الواقع المعزز والواقع الافتراضي.

تقنيات العرض والرؤية داخل بيئات التعلم الافتراضية (بيئات الواقع المعزز)

:Augmented Reality viewing system of View

الاهتمام بتقنيات العرض ومجالات الرؤية للتكنولوجيا الجديدة هو أمر هام جدًا، خاصة عند توظيف هذه التكنولوجيا في مجال التعليم، وتكنولوجيا الواقع المعزز هي إحدى التقنيات الجديدة الناشئة والصاعدة في مجال التعليم في الوقت الحالي. وقد أوضح بيلينجست وهينريسون (Billinghurst & Henrysson, 2009) أن أبحاث الواقع المعزز تميل للسعى إما إلى تطوير أجهزة وتقنيات جديدة للتتبع والعرض Display وإدخال العالم الحقيقي والبيانات الافتراضية، أو، إلى تطوير التطبيقات التي تستخدم التقنيات الحالية.

ووفقًا لزو وآخرون (Zhou, Duh & Billinghurst, 2008, p.194) فقد ركزت أبحاث الواقع المعزز في المقام الأول على خمسة مجالات أساسية لتقديم تطبيقات الواقع المعزز هي:

- تقنيات التتبع (20.1%)
- تقنيات التفاعل (14.7%)
- مشاكل المعايرة والتسجيل (14.1%)
- تطوير تطبيقات AR (14.4%)
- تقنيات العرض (11.8%).

بالإضافة إلى ذلك، نظر بعض الباحثين أيضًا في اتجاهات ناشئة جديدة للواقع المعزز بما في ذلك: التقييم والاختبار، منصات AR المحمولة والمنتقلة، تأليف AR، الرؤية، الواقع المعزز متعدد الوسائط، التقديم، حيث يشير كل ذلك إلى أن الاهتمام بتقنيات العرض Display والرؤية visualization أحد أهم الجوانب التي تسعى إليها أبحاث التطوير في الواقع المعزز.

الواقع المعزز هو تقنية تفاعلية يدمج فيها جزء من العالم الافتراضي بالعالم الحقيقي، ويضاف له أشكال ثلاثية الأبعاد (Azuma, 1997, p.355). ويعرف أيضا بأنه مصطلح يصف التقنية التي تسمح بمزج واقعي متزامن لمحتوى رقمي من البرمجيات والكائنات الحاسوبية مع العالم الحقيقي (Dunleavy, Dede, 2006, p.7).

ويشار له أيضا بأنه عرض مباشر أو غير مباشر في الوقت الحقيقي لبيئة العالم الحقيقي المادية التي تم تحسينها / زيادتها عن طريق إضافة معلومات حاسوبية افتراضية إليها، فالواقع المعزز يتضمن كلاً من التفاعلية والتسجيل ثلاثي الأبعاد وكذلك الجمع بين الأشياء الحقيقية والافتراضية معاً (Furht, 2011, p.25).

أولاً :- مجال الرؤية الواسع فى الواقع المعزز wide field of view (360 degree)

ركزت معظم البحوث فى الواقع المعزز فى الغالب على توفير زيادة فى الإدراك البصري للمستخدم البشري وذلك من خلال العروض البصرية المتنوعة للواقع المعزز والتي تساعد على توسيع مجال الرؤية أمام المستخدم (Schmalstieg & (FOV, The Field of View) Hollerer, 2016, p. 62).

فالواقع المعزز هو مجال نابض بالحياة من البحوث التي نمت بشكل مطرد على مدى العقد الماضي. ومع ذلك ، لا يزال العديد من الباحثين يحاولون حل القضايا الأساسية، على وجه الخصوص ، اكتسبت القضايا الإدراكية اهتماماً في الآونة الأخيرة ، ويرجع ذلك أساساً إلى تطوير تقنيات التصوير التفاعلي الجديدة المُحسَّنة للإدراك البصري والفهم. عادةً ما يتم توجيه هذه التقنيات نحو عروض مجال الرؤية الضيقة (FOV).

آليات وراء تصور المحتوى الظاهري.

- إن تمكين شاشة FOV الواسعة في شاشات الواقع المعزز له عدد من الفوائد. عادة ما توفر شاشات العرض المثبتة على الرأس HMDs من 20 إلى 60 درجة من FOV الأفقي، وهي ضيقة جدًا مقارنة بـ FOV للعين البشرية.
- تمكن العين البشرية من رؤية ما يقرب من 180 درجة أفقية و 125 درجة رأسية.
- يعتمد البشر اعتمادًا كبيرًا على المجال البصري المحيطي، والحد من FOV يزيد بشكل كبير من صعوبة المهام البصرية المختلفة ، يمكن توقع أنه مع وجود FOV على نطاق أوسع ، يمكن تحقيق إدارة عرض محسنة نظرًا لأن الشاشة الأوسع توفر مساحة أكثر قابلية للاستخدام، مما يقلل من فوضى المعلومات.
- في المقابل ، يمكن أن يحسن هذا إلى حد كبير الرؤية والقراءة وإدراك العمق للعلامات ، ومع ذلك ، حتى الآن ، لا تتوفر أدلة إحصائية وتجريبية لدعم هذه الافتراضات.
- مثال: يُظهر الشكل اتجاه نظرات المشارك ، كائنات وهمية (حمراء) ، حقل العرض الواسع هو الصندوق الأخضر الخارجي

كما أوضح ليو وديدي وهونج وريتشارد Liu, Dede, Huang & Richards, (2017, P. 100) أنه لدى البشر مجال عرض أفقي بزاوية 180 و200 درجة تقريباً، ولكن تقريباً 30 درجة في وسط هذا النطاق يشمل رؤيتنا المركزية التفصيلية للغاية. أما البقية فهي الرؤية المحيطية، التي ترى تفاصيل أقل بكثير، وهي أقل حساسية للون، ولكنها أكثر حساسية للحركة. وكلما كانت شاشة (FOV) Field Of View أوسع، كلما كانت التجربة أكثر واقعية ومريحة، إذا كانت الجوانب الأخرى للعرض تدار بشكل جيد، يسمح للمستخدم بقضاء وقت أقل في التجول ورؤية المزيد من الأشياء فيما يتعلق ببعضها البعض. لحسن الحظ، توفر شاشات السلع التي يتم تثبيتها على الرأس اليوم عرضاً بمقدار 90 درجة، وهو أمر مقبول.

فقوتهم الرئيسية الآن هي مجال الاهتمام الكامل 360 درجة field of regard 360°، والذي يتيح للمشاهد النظر في أي اتجاه، حيث تقوم القشرة البصرية بعمل ممتاز في تجميع ما تراه العين معاً، كما يراه المستخدم، مما يوفر شعوراً بانورامياً بالعالم الافتراضي. كذلك يعتبر حقل العرض مهماً أيضاً في تطبيقات الواقع المعزز، لأنه يحد من ما يمكنك إضافته إلى العالم الفعلي أو الحقيقي.

فعندما يقوم مستخدم شاشة الواقع المعزز AR المثبتة على الرأس بتحويل رأسه إلي ما قبل قدرة FOV (نطاق الرؤية) الخاصة بالجهاز، تختفي كائنات الواقع المعزز AR، والتي عادةً ما تكسر الخيال والوهم. بالمثل للكهف CAVE أو القبة Dome مجال نظر لا يقل عن 180 درجة؛ هذا غالباً ما يكون أفقياً وعمودياً في حالة القبة أو الكهف ذو السقف، ونادراً ما تتضمن إسقاطاً على الأرض، ولدى المستخدم دائماً من الأجسام المستقرة حولهم لتذكيرهم أنهم ما زالوا في العالم المادي. Liu, Dede, (Huang & Richards, 2017, pp. 162– 163)

أشار ميلوني ودايتير وشمالستيج, 2010, Mulloni, Dieter, Schmalstieg (p.161) للرؤية ذات المجال 360 درجة بأنها عرض بصرى مركزي يزيد من مساحة ومجال الرؤية أمام المستخدم حتى 360 درجة بانورامية. كما أقترح كذلك ميلوني وآخرون (Mulloni, et all., 2010, pp. 162–163) نوعان من تفاعلات التكبير/ التصغير للواقع المعزز، وهما عرض بانورامي بزاوية 360 درجة وعرضاً من أعلى لأسفل بحيث يمكن للمستخدم إدراك المعلومات المحيطة بكفاءة من متصفح AR.

دوران وتكبير وتصغير الواجهة (1) interface Panning and zooming يتم عمل التمرير Panning عن طريق تحريك كاميرا الهاتف فيزيائياً، (2) تكبير البانوراما يرتبط

بأزرار التكبير لكاميرا الهاتف، (3) تكبير الخريطة يرتبط بإمالة الهاتف لأسفل لرؤية مركزية أو (4) لأعلى.

يمكن لمستخدمي AR تحريك المعلومات من خلال تحويل الكاميرا فعلياً في البيئة، تكبير البانوراما يرتبط بأزرار التكبير للهاتف، بالمثل كالكاميرا الرقمية العادية، بإمالة الهاتف لأسفل إلي وضع التكبير/ التصغير إلي عرض الخريطة المركزي بينما إمالتها للأعلى يعود إلي وضع ملء الشاشة .

لذلك فقد إتجهت العديد من الدراسات و الأبحاث مؤخراً إلي دراسة العروض البانورامية (ثابتة/متحركة) مع الواقع المعزز والواقع الافتراضي على حد سواء باعتبارهم تقنيتان إلي حد ما متشابهتان في بعض الخصائص وإلي ما تضيفه هذه العروض من مميزات وفوائد إلي بيئة الواقع المعزز والواقع الافتراضي أيضاً ومنها دراسة كلاً من رين وجولدسشويندت وشانج وهوليرر Ren, Goldschwendt, Chang & Höllerer, (2016)

والتي أشارت إلي أن الواقع المعزز الكامل المحوري، مع دوران يغطي مجال الرؤية البشري بأكمله وما بعده، هو موضوع غير مستكشف نظراً لعدم وجود ما يدعمه في الوقت الحالي، وبما أن AR الحالية لا تدعم سوى مجالات العرض الصغيرة نسبياً، فإن معظم تطبيقات AR حتى الآن تستخدم شروخاً صغيرة نسبياً تعتمد على النقاط points في العالم المادي، حيث تجرى تجارب على التعليقات التوضيحية لميدان العرض الواسع التي تربط عناصر متباعدة في المجال المرئي. فقد أنشأوا نظاماً يقوم بمحاكاة الواقع المعزز بمجالٍ مختلفٍ من المشاهدات والرؤى views، حيث أجريت الدراسة على مشهد من معبد الأقصر .

وأظهرت نتائج الدراسة أن مجال الرؤية المقيد أدى إلي زيادة وقت إكمال المهمة بشكل ملحوظ، حيث قدم هوليرير وآخرين أول تجربة تفصيلية عن الواقع المعزز على نطاق واسع (panorama (wide-field-of-view)

مع تعليقات توضيحية تربط أشياء متباعدة في مجال النظر، حيث وجدوا أن الأشخاص يكملون المهام بشكل أسرع مع مجال الرؤية الكامل Full Field Of View أكثر من مجال الرؤية المقيد (30×45 درجة).

التعليقات التوضيحية على بانوراما استريو مأخوذة من توم ديفانتي وآخرون. في فناء
رمسيس الثاني ، وهو جزء من معبد الأقصر في مصر.
(أ) إصدار كامل المحيط في AlloSphere ، تم التقاطه باستخدام عدسة fisheye .
(ب) الملتقطة باستخدام عدسة 24 مم.

مشهد بانوراما لمعبد الأقصر (Ren, et all, 2016, p. 93)

على الرغم من أن النظام يتعقب 6 درجات من حرية الرأس، فانه يفترض موقف عرض فردياً في وسط عرض الكروي. ذلك لأن بانوراما الاستريو التي تعمل كعالم حقيقي لا يمكنها أن تستجيب لتغيرات الموضع.

وبالتالي، سيتم تشويه المشهد إذا ابتعد المستخدمون عن المركز. ومع ذلك، فإن الشاشة المحيطية، التي يبلغ قطرها 10 أمتار، تحتوي على بقعة كبيرة إلى حد ما، لذلك فإن التشوهات محدودة للغاية على الحركات الصغيرة. هذا الإعداد غير مناسب للمهام التي تتطلب المشي. في هذه التجربة، تم وضع جميع التعليقات التوضيحية حول المشارك، وتم أمر المشارك بالبقاء بالقرب من مركز الكرة. وبالمثل، من خلال هذا الإعداد، يصعب عرض الكائنات القريبة جداً من المشارك.

وذلك لأننا لا نستطيع أن نضمن أن يكون رأس المستخدم في المركز الصحيح للكرة، وأن أخطاء الدقة في الموضع تكون أكثر وضوحاً عندما يكون الكائن قريباً جداً من المستخدم. وبالتالي، في التجربة، تم تجنب التعليقات التوضيحية القريبة جداً من المشارك. يتم تغطية حالة FULL FOV التي تم محاكاتها جزئياً بواسطة إطار نظارات الغالق ثلاثي الأبعاد، والتي تقاس للحصول على حوالي 82×108 درجة FOV لا يزال بإمكان المستخدمين رؤية جزء من المشهد المعزز في إطار FOV بشري كامل أسفل الإطار وخلفه، لكن الرؤية محدودة أكثر من معظم النظارات التي تصحح الرؤية. يتم تقديم محاكاة العالم الحقيقي حالياً على أنها صورة بانورامية مجسمة. تم استخدام أي آثار الحركة لمحاكاة العالم الحقيقي في هذه الدراسة.

اثبتت الدراسة أن هناك اختلافاً في مجال الرؤية ...

مجال النظر مقيداً بنظارات الغالق 82×108 درجة لمجال الرؤية المحدود مقابل 30×45 درجة من مجال الرؤية المحدود للتعزيزات كان له تأثير كبير على وقت إنجاز المهمة.

وأوضح كوت وآخرون Côté, Trudel, Desbiens, Giguère & Snyder, (2013, p.1) أن التعزيز المستند إلي البانوراما panorama based

augmentation يمكن أن يوفر مستوى من الدقة أعلى من طرق التعزيز القياسية المرتكزة على الـ الفيديو standard video-based augmentation، نظرًا لمجال الرؤية الأوسع، حيث قدم طريقة للتعزيز المباشر للهاتف المتنقل استنادًا إلي الفيديو البانورامي.

خصائص ومميزات مجال الرؤية الواسع 360 درجة:

تزيد من مساحة ومجال الرؤية أمام المستخدم حتى 360 درجة صورة أو فيديو بانورامي، كما توفر العروض البانورامية طرقاً للتفاعل معها ثنائية وثلاثية الأبعاد 2D 3D interactive methods، مما يجذب المستخدمين لها وخاصة العروض البانورامية التفاعلية حيث يمكن التفاعل مع البانوراما لعرض مشهد بأكمله أو جزء من المشهد من خلال عمليات التكبير والتصغير للمشهد zoom in , zoom out كأبسط أنماط التفاعل، كما أوضح شين وآخرون (Chen, Chi, Hung & Kang, 2011, P. 277) أنه في الواقع المعزز قدرة الطلاب على فحص الكائن الثلاثي الأبعاد من مجموعة متنوعة من وجهات النظر المختلفة يؤدي إلي تعزيز فهمهم.

كما تساعد العروض البانورامية كاملة الرؤية على توفير الوقت وتقليل زمن القيام ببعض المهمات (Ren, et all, 2016)، كذلك تساعد العروض البانورامية ثلاثية الأبعاد في الحصول على عرض 360 درجة للمشاهد التي ترغب في عرضها على الشاشة حيث تساعد هذه الميزة المشاهدين في الحصول على عرض ثلاثي الأبعاد لبانوراما معينة، كذلك عند الانتقال عبر الشاشة، ستشعر برؤية 360 درجة للمشهد، ستساعد هذه الميزة على زيادة مساحة الرؤية أمام المستخدم مما يزيد من المعلومات والتفاصيل المرتبطة بموضوع البانوراما (تمثيل المشاهد بشكل كامل).

إضافة إلي أنه يمكن الانتقال داخل البانوراما panramic images & videos 360 عن طريق سحب إصبع عبر الشاشة في الأجهزة المتنقلة أو عن طريق التنقل

باستخدام أجهزة الادخال الماوس ولوحة المفاتيح فى اجهزة الـ PC أو من خلال اللمس عند استخدام أجهزة استشعار ما كالنظارات التفاعلية للواقع المعزز والواقع الافتراضى.

ثانيًا:- مجال الرؤية المحدود فى الواقع المعزز (360 wide field of view degree)

يعرف بأنه مجال عرض بصرى يعرض المعلومات المرتبطة بالواقع المعزز من خلال نظرة عامة + تفاصيل Overview + details والتي ترتبط بالوجهة الأولى لعرض المعلومات على المستخدم وهو الشائع فى تطبيقات الواقع المعزز (Chung, 2017, p. 172).

يتسم مجال الرؤية المحدود بعرض كم محدود من المعلومات أمام المتعلم وذلك لمحدودية مجال الرؤية للكاميرا والذي يعد 60 درجة على الهواتف المحمولة، على الرغم من أن المعلومات تنتشر 360 درجة حول المتعلم حيث تتمتع أنظمة الواقع المعزز التقليدية بمجال عرض محدود limited field of view ويظهر ذلك فى منطقة overlay FOV حيث التعزيزات مرئية Augmentations بينما تكون منطقة المجال المحيطة peripheral FOV غير ذلك.

مجال الرؤية الواضح overlay FOV ومجال الرؤية المحيط peripheral FOV
(Schmalstieg & Hollerer, 2016, p. 72)

مقارنة بين مجال الرؤية الواسع ومجال الرؤية المحدود فى الواقع المعزز

م	وجهة المقارنة	مجال الرؤية الواسع	مجال الرؤية المحدود
---	---------------	--------------------	---------------------

1	الرؤية	رؤية بانورامية 360 درجة 360 panoramic view	رؤية محدودة ترتبط بوجهة المستخدم الأولى Overview + details
2	وصف الرؤية	رؤية أوسع تمتد حول محيط المستخدم	رؤية محدودة ترتبط بالوجهة الأولى التي ينظر إليها المتعلم
3	كم المعلومات في المشهد الواحد	يتضمن المشهد الواحد كم أكبر من المعلومات	يتضمن المشهد الواحد كم أقل من المعلومات
4	أنماط تفاعل المستخدم	متنوعة	محدود
5	نمط عرض المحتوى (المعلومات)	يعرض المحتوى بشكل كلي	يعرض المحتوى بشكل جزئي (أى تدريجياً بشكل خطي)
6	نوع المحتوى	يقدم المحتوى فى شكل ثلاثى وثنائى الأبعاد	يقدم المحتوى فى شكل ثنائى - ثلاثى الأبعاد

• طرق عرض البانوراما :- panorama viewing types صنف جاكوبس

طرق عرض البانوراما فى ثلاث تصنيفات كالتالى:

1- العرض الاسطواني

2- العرض الكروي spherical projection

3- العرض المكعب Cubic projection

(Jacobs, 2004, pp. 5-7)

في التجارب المستقبلية

نأمل أن نحدّد حدود مجال الرؤية الكافية وعلاقتها بالعديد من المهام. فمن المحتمل أن يكون مجال الرؤية الكامل هو الأفضل ، ولكن قد يكون هناك مجال رؤية كبير نسبياً (على سبيل المثال ، 90×60 درجة) سيعمل بنفس الطريقة.

ما الذي تبدو عليه النتيجة بالنسبة إلى زيادة FOV بالنسبة للنطاق من إطارات FOV الأصغر (على سبيل المثال ، 30×17.5 درجة) إلى الوقت الذي قد تقارب فيه الأداء الذي توفره FOV الكامل؟

نود أن نزيل قيود الرؤية التي تبلغ 82×108 درجة والتي تفرضها نظارات الاستريو ، ونجرب العديد من FOVs التي تتراوح من FOV البشري الكامل إلى الأصغر (مثل 30×17.5 درجة) في الدراسات المستقبلية.

أيهما أفضل مجال الرؤية الواسع أم مجال الرؤية المحدود ؟؟

أى المهام والموضوعات التى تتاسب كل منهما ؟؟؟

المراجع

- Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. Presence: Teleoperators & Virtual Environments, 6(4), 355-385.
- Billinghurst, M., & Henrysson, A. (2009). Mobile architectural augmented reality. In *Mixed reality in architecture, design and construction* (pp. 93-104). Springer, Dordrecht.
- Chen, H. M. (2017). *An Overview of Information Visualization*. Library Technology Reports, 53(3), 5-7.
- Chen, Y. C., Chi, H. L., Hung, W. H., & Kang, S. C. (2011). Use of tangible and augmented reality models in engineering graphics courses. *Journal of Professional Issues in Engineering Education & Practice*, 137(4), 267-276.
- Côté, S., Trudel, P., Desbiens, M., Giguère, M., & Snyder, R. (2013). Live mobile panoramic high accuracy augmented reality for engineering and construction. *Proceedings of the Construction Applications of Virtual Reality (CONVR)*, London, England, 1-10.
- Dunleavy, M., & Dede, C. (2006). *Augmented Reality Teaching and Learning*. Augmented reality, usa: Harvard Education Press.
- Furht, B. (Ed.). (2011). *Handbook of augmented reality*. Springer Science & Business Media.
- Jacobs, C. (2004). *Interactive panoramas: Techniques for digital panoramic photography* (Vol. 1). Springer Science & Business Media.
- Liu, D., Dede, C., Huang, R., & Richards, J. (Eds.). (2017). *Virtual, Augmented, and Mixed Realities in Education*. Springer.
- Mulloni, A., Dünser, A., & Schmalstieg, D. (2010, September). Zooming interfaces for augmented reality browsers. In *Proceedings of the 12th international conference on Human computer interaction with mobile devices and services* (pp. 161-170). ACM.
- Ren, D., Goldschwendt, T., Chang, Y., & Höllerer, T. (2016, March). Evaluating wide-field-of-view augmented reality with mixed reality simulation. In *Virtual Reality (VR), 2016 IEEE* (pp. 93-102). IEEE.
- Schmalstieg, D., & Hollerer, T. (2016). *Augmented reality: principles and practice*. Addison-Wesley Professional .

Zhou, F., Duh, H. B. L., & Billinghurst, M. (2008, September). Trends in augmented reality tracking, interaction and display: A review of ten years of ISMAR. *In Proceedings of the 7th IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality* (pp. 193-202). IEEE Computer Society.