

« City Metaverse »: le Metaverse renforce la conception urbaine future
Wu Zhiqiang, Liang Jing, Jia Weiyi, Hei Jinghao, Zhang Shaohan, Chen Fan, Xu Haowen, Fan Siqi,
Ji Xinghua

Académie chinoise d'ingénierie, École d'architecture et d'urbanisme de l'Université de Tongji,

École de design et de créativité de l'Université de Tongji, Institut de conception architecturale

de l'Université de Tongji (Group) Co., Ltd

Résumé: Trier les caractéristiques clés de l'émergence et du développement du métavers et souligner les points communs entre le métavers et la conception urbaine: dérivé de la vision, basé sur la réalité et la création collaborative; Résumez en outre les trois dimensions de la conception urbaine renforcée par le métaverse: l'expansion spatiale, la continuation du temps et la co-construction des personnes. Selon les besoins de la construction et de l'exploitation urbaines et le développement des travaux d'aménagement urbain, une méthode combinant « R (réalité) » et « AR (réalité augmentée) » virtuelle et réelle-« RAR (réalité augmentée) » est proposée, et le processus de conception urbaine et les résultats de l'autonomisation du métavers réalisés par la méthode « RAR » sont collectivement appelés « Metaverse urbain ». Résumez la pratique typique du « métaverse urbain », classez et affinez le processus créatif et structurez l'organigramme global de création et d'exploitation, et détaillez la voie technique d'application de la méthode « RAR » pour réaliser la conception urbaine autonomisée par le métaverse, dans le but de développer le contexte existant. Fournir des orientations pour le développement futur de la conception urbaine.

Fonds: Projet de construction du Centre chinois de connaissances en sciences et technologies d'ingénierie « Centre international de connaissances en sciences et technologies d'ingénierie et coopération internationale » (numéro de projet: CKCEST-2023-1-5); Projet « Co-construction de l'espace numérique intelligent E-Culture de rénovation urbaine de l'Académie d'ingénierie sino-allemande » de l'Université de Tongji (numéro de projet: ZD2023022)

Mots-clés: métavers; Univers Chengyuan; Conception urbaine; RAR; Création virtuelle et réelle

À propos de l'auteur:

Wu Zhiqiang, académicien de l'Académie chinoise d'ingénierie, professeur à l'École d'architecture et d'urbanisme de l'Université de Tongji, wus@tongji.edu.cn

Liang Jing, professeur agrégé, École de design et de créativité, Université de Tongji

Jia Weiyi, étudiante en maîtrise, École d'architecture et d'urbanisme, Université de Tongji, jwy@tongji.edu.cn

Hei Jinghao, doctorant à l'École de design et de créativité, Université de Tongji

Zhang Shaohan, ingénieur adjoint, Tongji University Architectural Design and Research Institute (Group) Co., Ltd.

Chen Fan, boursier postdoctoral, École d'architecture et d'urbanisme, Université de Tongji

Xu Haowen, doctorant, École d'architecture et d'urbanisme, Université de Tongji

Fan Siqi, étudiant en maîtrise à l'École de design et de créativité, Université de Tongji

Ji Xinghua, concepteur assistant, Tongji University Architectural Design and Research Institute

(Group) Co., Ltd.

Avec le développement d'Internet 3.0, de l'Industrie 4.0 et de la Société 5.0, le Metaverse est devenu un sujet qui attire beaucoup d'attention dans les domaines universitaire et industriel. En tant qu'imagination positive de l'humanité sur la forme ultime de la société future, la relation entre le monde virtuel et le monde réel explorée dans le Metaverse affectera inévitablement le développement urbain futur. Dans les villes, comment le métaverse intervient pour promouvoir le développement urbain, sil peut-il renforcer le processus de création et de construction urbaine et comment appliquer le concept du métaverse et les technologies connexes pour mener à bien des travaux pratiques? Cette série de questions qui en découlent nécessitent une discussion urgente. Dans ce contexte, cet article commence par trier les caractéristiques de développement du métaverse, se concentre sur le métaverse et la conception urbaine, souligne les points communs entre le métaverse et la conception urbaine et propose en outre trois dimensions dans lesquelles le métaverse renforce la conception urbaine. Sur la base d'une pleine prise en compte de l'expérience d'exploration de Fuzhou, Taizhou et d'autres endroits, cet article propose une méthode "RAR (réalité augmentée)" qui combine l'espace physique urbain "R (réalité)" et des technologies représentées par "AR (réalité augmentée)", détaillant la voie technique d'application du "RAR" pour mener à bien la pratique du "Metaverse urbain", afin d'ouvrir de nouvelles idées pour le développement des travaux de conception urbaine. Stimuler une nouvelle vitalité dans la ville.

1 Le métaverse et le design urbain

1.1 Caractéristiques de l'émergence et du développement du métavers

Du monde matériel naturel au monde multidimensionnel créé par les êtres humains, l'évolution de la civilisation est désormais entrée dans une nouvelle ère du monde numérique [1]. En tant que concept émergent intégrant une nouvelle génération de technologie numérique, le « Metaverse » a rapidement inondé tous les horizons depuis qu'il a balayé tous les domaines du développement social urbain en 2021 et a été au centre d'une large attention dans les milieux universitaires et industriels [2-5]. Cependant, jusqu'à présent, les cercles universitaires ne sont pas parvenus à un consensus sur le concept de « métaverse », montrant une tendance à la discussion académique de « une centaine de côtes de pensée en dispute » [6-7], et des discussions dans le domaine industriel réel sont infinies [8-9]. Le concept de « métaverse » est né pour la première fois dans l'œuvre littéraire de science-fiction *Snow Crash* [10] publiée en 1992 et est défini comme un monde virtuel parallèle au monde réel. Le concept a de forts attributs spatiaux dès sa création. Dans les œuvres littéraires, artistiques et créations de jeux qui ont émergé depuis lors, il a essentiellement poursuivi le cadre conceptuel du « monde parallèle virtuel » et est utilisé comme un « jeu à sable à monde ouvert ». "Le plus typique [11].

Bien que la pratique industrielle du métaverse soit nettement plus rapide et plus rapide que la discussion universitaire [12], avec l'approfondissement des scénarios d'application, la discussion universitaire autour du « métaverse » augmente progressivement avec la pratique industrielle et s'étend progressivement de l'exploration de technologies spécifiques. à l'exploration de la définition et de la connotation de valeur de la vision globale du monde. La discussion universitaire sur le niveau théorique du « métavers » se concentre actuellement principalement sur deux aspects (Figure 1): (1) Analyser le métavers à partir de la relation

entre le monde virtuel et réel et l'espace [2-3, 11, 15-16]; (2) Analyser le métavers du point de vue de la réalisation technologique [2.12, 15]. Zhang Hui et al. [12] estiment que le métavers est un morphisme numérique construit par la technologie numérique dans lequel le monde virtuel numérique et le monde réel peuvent coexister et coexister dans une certaine mesure. Irshad et al. [13] ont proposé le concept de métavers basé sur cinq structures clés, à savoir le métavers lui-même, les personnes/avatars, les capacités techniques du métavers, les comportements et les résultats. Zhao Xing et al. [2] ont divisé la voie de développement du métavers en trois catégories du point de vue de la réalisation technologique: la réalité reproduite, la réalité transcendante et la réalité augmentée. Chen Linsheng et al. [14] ont construit le modèle de « système de plastification mutuelle technologique-économique » du Metaverse pour mieux intégrer le Metaverse à l'économie et à l'industrie réelles.

Issu de la discussion sur la relation entre le virtuel et le réel et s'appuyant sur la réalisation du développement des technologies numériques émergentes, à l'ère numérique, le concept théorique du « métaverse » aura certainement des scénarios d'application plus larges. En tant que concept théorique doté de forts attributs spatiaux dès sa naissance, le « Metaverse » tente de décrire la relation entre « l'espace virtuel » et « l'espace réel » [2-5], qui est destiné à avoir un impact sur le plus grand espace de l'existence humaine-la ville. Un impact énorme [4]. Après avoir connu les « explosions » et les « discussions animées » initiales, les « questionnements » et les « critiques », alors que le concept de métaverse se « refroidit » progressivement et fait face au futur développement urbain, ce concept et les technologies connexes devraient désormais être essentiellement discutés et exploration pratique orientée vers les applications.

1.2 Caractéristiques communes entre le métaverse et la conception urbaine

1.2.1 Provenant de la vision: les caractéristiques essentielles du métaverse et de l'aménagement urbain

Depuis la « première année du métaverse » en 2021, les discussions sur le métaverse et les villes ont progressivement augmenté, en se concentrant principalement sur deux aspects: d'une part, l'analyse des phénomènes et des concepts, et les concepts et cadres plus typiques impliquant le « métaverse » [5], les changements spatiaux sociaux provoqués par le développement [6], et d'autre part, la discussion sur les scénarios d'application. Les exemples typiques incluent la conception urbaine numérique [15], la réponse à la planification du « métaverse » [4], l'espace extérieur numérique [16], etc. Ren Bing et al. [5] ont nommé la dernière forme de combinaison du métaverse et de l'espace urbain « Metaci, Et l'interprétez comme une autre forme avancée de la nouvelle ville intelligente après la ville jumelle numérique. Il s'agit d'une « extension de l'espace urbain physique créé dans l'espace virtuel à l'aide de six catégories de technologies, dont la technologie blockchain, la technologie interactive, la technologie des jeux électroniques, la technologie de l'intelligence artificielle, la technologie du réseau et du cloud computing et la technologie de l'Internet des objets. "Une nouvelle écologie urbaine du futur construite par la perspective." Cette définition explique clairement le concept de « métaverse urbain » du point de vue de l'application technique et a une certaine signification de référence. Cependant, malheureusement, du point de vue de l'application pratique, cette définition n'a pas encore compris l'origine du « métaverse ». La relation est discutée en profondeur et la construction du concept théorique du « métaverse urbain » n'est pas suffisamment détaillée, ce qui découle également de la compréhension du métaverse"La

discussion du concept elle-même n'a pas encore été définie

Figure 1 Le processus de développement du concept de métaverse



Il est indéniable que, qu'il s'agisse d'un niveau technique ou conceptuel, la discussion sur le métavers reconnaît son origine « dérive de la construction de scènes imaginaires », ce qui est cohérent avec le point de départ de la rénovation et de la conception des villes dans la discipline de l'urbanisme. L'urbanisme coïncide; La conception et la création des villes découlent de la vision commune de l'humanité [17-20], et la vision est décrite dans l'espace urbain à travers des chemins professionnels; Le concept de « métaverse », en tant qu'imagination positive des êtres humains sur les formes sociales futures [8, 10], est basé sur la discussion de la relation entre le virtuel et le réel et s'appuie sur la réalisation du développement des technologies numériques émergentes [2]. Il s'étend de l'espace physique à l'espace virtuel. La description de la vision de l'espace, les deux ont des caractéristiques essentielles communes, ce qui est également la condition préalable pour que le métaverse puisse intervenir dans l'aménagement urbain. Conception urbaine orientée vers l'avenir [22], le concept de métaverse offre une nouvelle façon de réaliser la vision de la conception urbaine. Le développement du « métaverse » favorisera certainement l'intégration étroite des espaces virtuels et réels urbains [23].

1.2.2 Basé sur la réalité: les bases de construction du métaverse et de la conception urbaine

Comme mentionné ci-dessus, le concept de métaverse possède de forts attributs spatiaux dès sa création, et l'essence de son application réside dans la création de scènes pour les objets de mise en œuvre. Au niveau des applications, la tendance de développement du métaverse à « promouvoir la réalité par le virtuel » est le consensus de divers domaines sur le stade actuel de développement [2-6]. Le développement du « métaverse » favorisera l'intégration étroite et inséparable des mondes virtuel et réel. « Fusion virtuelle et réelle » [3], ce qui illustre en outre que le concept du métaverse et des technologies associées ne peuvent pas être séparés de l'espace physique et de l'espace urbain lui-même. L'aménagement urbain, en tant que travail de conception avec la ville comme objet de recherche, doit être réalisé sur la base de la réalité [18-19]. Par conséquent, le métaverse et la conception urbaine ont la même base de construction, qui est également la base sur laquelle le métaverse peut intervenir dans la conception urbaine. Dans l'immense espace réel de la ville, l'intervention du Metaverse dans les travaux traditionnels d'aménagement urbain favorisera l'intégration profonde des « espaces virtuels et réels », favorisera le développement de l'espace physique urbain avec la « virtualité » et autonomisera efficacement le travail d'aménagement urbain. Le processus et les résultats sont appelés « Metaverse urbain ».

1.2.3 Création collaborative: la voie de réalisation du métavers et de la conception urbaine

Comme mentionné dans 1.2.1, le métaverse et la conception urbaine dérivent tous deux d'une vision commune, ce qui signifie qu'une collaboration est nécessaire dans le processus de réalisation, coordonnant l'imagination et la représentation de toutes les parties et la relation entre les parties prenantes, et réalisant la vision commune d'une manière collaborative. En tant que toute nouvelle forme numérique [12], le métaverse lui-même repose non seulement sur les capacités innovantes des développeurs technologiques dans le contexte de son développement et de sa construction, mais nécessite également la participation collaborative des utilisateurs et des créateurs de contenu-interaction et commentaires [22-23]. De même, la planification et la conception urbaines contemporaines centrées sur la population nécessitent un gouvernement. Les développeurs, les citoyens et d'autres parties prenantes participent ensemble [19]. Dans le métaverse, grâce à des expériences interactives, les utilisateurs peuvent directement influencer et façonner l'environnement virtuel et interagir avec l'espace réel pour obtenir des commentaires [20, 23]. Ceci est similaire à la communication et à la coordination entre plusieurs entités en aménagement urbain [24], ainsi qu'à la voie générale permettant au public de participer à la conception via des plateformes pertinentes [25-26]. Par conséquent, la « création collaborative » est la voie de réalisation commune du métaverse et de la conception urbaine, et c'est la condition de mise en œuvre dans laquelle le métaverse peut intervenir dans le processus de conception urbaine.

2 Le métaverse renforce les trois dimensions de l'aménagement urbain

Les points communs entre le métaverse et la conception urbaine offrent des possibilités complètes pour le métaverse d'intervenir et de renforcer la conception urbaine. Dans la nouvelle ère numérique [27], le Metaverse renforce la conception urbaine afin de créer un « Metaverse urbain » nécessite une dimension orientée vers la mise en œuvre. Explorer comment le Metaverse intervient spécifiquement dans la conception urbaine et le renforce est une question importante qui doit être explorée dans le contexte actuel. Cette section explore en détail les trois dimensions du Metaverse renforçant la conception urbaine.

2.1 Extension spatiale: de la réalité à la virtualité

La discussion du Metaverse sur la relation entre l'espace virtuel et réel est une inspiration fondamentale pour les travaux actuels liés à l'aménagement urbain, qui sont fondamentalement apportés par le développement technologique pertinent dans le cadre du concept du Metaverse. La réalité « augmentée » basée sur IAR (réalité augmentée), la réalité mixte (MR) et la réalité étendue (XR) plus complète sont des entrées importantes pour promouvoir la construction de scènes d'interaction virtuelles et réelles [2]; Dans le même temps, ces dernières années, les changements technologiques de l'informatique spatiale représentés par la technologie de réalité augmentée mobile (MAR) ont donné naissance à de plus en plus de cas d'application du métaverse à l'échelle urbaine, ce qui rend les chercheurs! Focus sur les actifs spatiaux numériques de la ville. La réalité augmentée mobile est une idée d'interaction de réalité augmentée basée sur des appareils mobiles en raison de l'amélioration de la capacité de production industrielle et du développement de l'informatique graphique et de la technologie d'interaction homme-machine [13]. La réalité augmentée mobile peut représenter des matériaux virtuels en mouvement libre en temps réel tout en maintenant la relation spatiale idéale entre les objets réels et les objets virtuels, soutenant ainsi efficacement l'implantation de contenu numérique dans l'espace urbain [14], ce qui constitue une base pour la façonnage de l'espace urbain., l'extension de la réalité au virtuel

offre des possibilités de mise en œuvre et constitue l'inspiration fondamentale apportée par le métaverse à la conception urbaine.

2.2 La durée du temps: du passé au futur

Grâce au sentiment plus immersif de « présence virtuelle » offert par la technologie numérique, le « métaverse » offre aux expérimentateurs la possibilité de voyager facilement dans le temps [23]. Regarder le présent à partir du passé et voir l'avenir à partir du présent est la portée macroscopique de l'aménagement urbain dans le temps et l'espace. Basé sur la théorie de la programmation dynamique, la conception n'est plus satisfaite d'un seul résultat de type plan. La théorie de la planification systémique, la théorie de la planification continue, les modèles de planification d'action, etc. ont vu le jour. La planification est devenue un outil actif et concret pour améliorer la ville [28-29]. Grâce à l'enseignement du « métavers » construit par la technologie des mots permet de mapper rapidement les plans de conception sur le site, Le contenu du « Metaverse » peut changer et répondre rapidement. Cette caractéristique permet également au contenu narratif de conception multi-chronologiques d'alterner rapidement et de dialoguer dans l'espace urbain, brisant le cycle traditionnel de conception et de construction et permettant au passé, au présent et à l'avenir de se connecter avec les villes. L'espace est rapidement connecté [30-31].

2.3 Co-construction du peuple: de l'individu au groupe

L'intervention du « Metaverse » offre des opportunités durables et ouvertes pour la co-création des gens. Les villes sont des villes humaines [27], donc la pratique du « métaverse urbain » créée par le métaverse permettant la conception urbaine est une pratique qui rassemble la vision humaine et façonne de meilleures scènes de vie virtuelles et réelles pour les individus et les collectifs. Les technologies et plates-formes intégrées liées au métaverse offrent la possibilité d'une réponse flexible, d'une prévision en temps opportun et d'un diagnostic intelligent aux besoins dynamiques personnalisés des êtres humains [32-33]. Dans le contexte de la conception urbaine populaire, Metaverse inspire la conception urbaine à construire une plate-forme numérique ouverte durable et co-créative, reliant les individus à l'aide d'appareils mobiles, obtenant des informations pertinentes sur la demande en temps opportun et ajustant la conception avec une sensibilité extrêmement élevée pour apporter des réponses à la scène en temps opportun. Feedback [34], promouvoir la ville pour mieux atteindre l'objectif de co-construction par les gens.

3 « RAR »: la méthode du métaverse pour permettre la conception urbaine

Dans la conception urbaine, en se concentrant sur les méthodes spécifiques de construction de scènes urbaines et en intégrant le concept de « métaverse » et les moyens techniques de mise en œuvre, l'auteur résume l'expérience pratique et affine le cadre méthodologique qui combine « R » et « AR »-« RAR (réalité augmentée réalité),

3.1 Connotation de « RAR »: création virtuelle et réelle

La définition du concept de « RAR » tourne autour de l'interprétation des connotations de « R » et « AR » dans le contexte de la conception urbaine et de la description de la relation entre les deux: « R » signifie la réalité, ce qui fait référence à l'intégration de divers éléments environnementaux matériels et à la vision des besoins humains; « AR » signifie la réalité augmentée, ce qui fait référence à l'autonomisation de la conception urbaine traditionnelle grâce à des méthodes techniques représentées par la technologie « AR (réalité augmentée) » dans le cadre du concept de métavers; « RAR » signifie « augmentation de la réalité », ce

qui fait référence à l'utilisation d'une série de technologies numériques représentées par « AR », y compris le big data, l'intelligence artificielle, la blockchain et d'autres méthodes de réalité augmentée. La scène urbaine est recréée et la vision commune dans le domaine du marché de la ville est réalisée sous l'orientation de « l'intégration du virtuel et du réel » et de « la promotion du réel par le virtuel » (Figure 2). L'objet de « RAR » est l'espace urbain, comprenant deux dimensions: l'espace réel et l'espace virtuel; L'essence du « RAR » est la création d'un espace virtuel et réel; Appliquez la méthode « RAR » pour renforcer l'aménagement urbain et créer la forme urbaine future-« Urban Universe ».

3.2 Cadre « RAR »: dix conceptions de l'espace virtuel et réel

"RAR" vise à créer des espaces virtuels et réels à la fois dans l'espace virtuel et dans l'espace réel, ce qui élargit la dimension spatiale et le niveau de contenu sur la base de la conception urbaine traditionnelle. L'auteur résume dix conceptions des espaces virtuels et réels et construit le cadre de "RAR". Voir la figure 3.

3.2.1 Cinq conceptions de l'espace virtuel

(1) Conception d'image

La conception d'image est la création d'« images » urbaines dans un espace virtuel. Cela nécessite que les concepteurs interprètent visuellement la vision dans l'espace sur la base d'une compréhension précise de la vision. Il peut s'agir d'un objet portant l'identité culturelle de la communauté, d'une scène de vie belle et désirable ou d'une interprétation imaginaire d'une histoire. Le design y jouera un rôle important. Comment concevoir l'image de l'espace pour mieux exprimer le désir, créer une résonance et transmettre une reconnaissance de valeur est une considération clé au début de la conception.

(2) Conception du temps

La conception temporelle consiste à concevoir le mouvement des « images ». La création d'un sentiment de réalisme et d'immersion nécessite que les concepteurs donnent une « vie virtuelle » à l'image, c'est-à-dire qu'ils introduisent une dimension temporelle au niveau de l'image statique tridimensionnelle, conçoivent ses changements de mouvement en fonction des caractéristiques de l'image et effectuent des créations secondaires de trajectoires temporelles et spatiales sur l'ontologie de l'image. Cela nécessite que la conception soit basée sur la proposition principale de la vision, crée les lois de mouvement du monde virtuel et puisse s'intégrer au monde réel pour renforcer le consensus de la vision collective.

(3) Conception de la communication

La conception de la communication est la conception interactive entre les personnes et les espaces virtuels. Lors de la mise en œuvre d'images et de scènes dynamiques, nous devons nous concentrer sur la façon d'interagir avec les objets spatiaux. La base du design est la capacité de perception humaine. Les concepteurs réalisent une conception de communication basée sur les cinq sens humains de base (vision, audition, odorat, goût, toucher) et la perception extrasensorielle, et conçoivent des images, des paroles, des odeurs, du toucher, etc. pour transmettre l'intention couplée à la vision.

(4) Conception de réaction

La conception de réaction est la conception de la manière dont les humains réagissent sur l'espace. Après avoir interagi avec l'objet, l'objet transmettra une réponse de communication, ce qui constitue un pont pour établir une interaction entre l'espace virtuel et réel et réaliser une « boucle fermée ». Les réactions de l'espace réel sont collectées grâce à

une perception intelligente et renvoyées à l'espace virtuel pour établir une boucle fermée « interaction-retour ». Les concepteurs doivent concevoir des méthodes de rétroaction des objets, établir des mécanismes de réponse des objets et transmettre efficacement des informations.

Figure 2 Analyse de la création virtuelle et réelle « RAR »

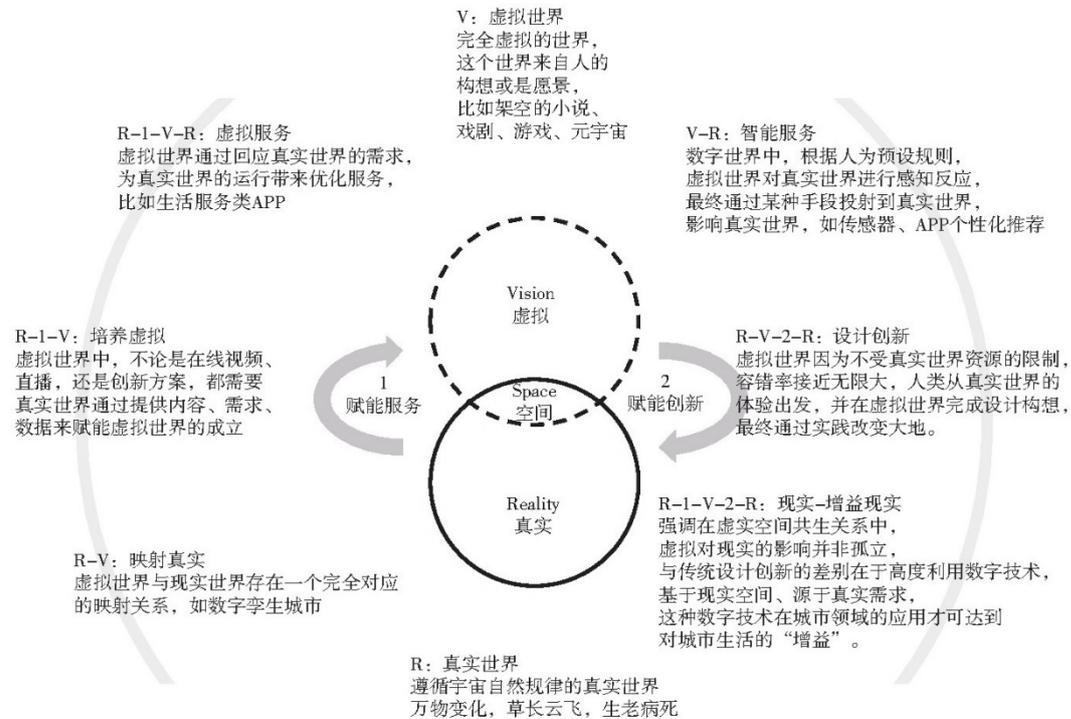
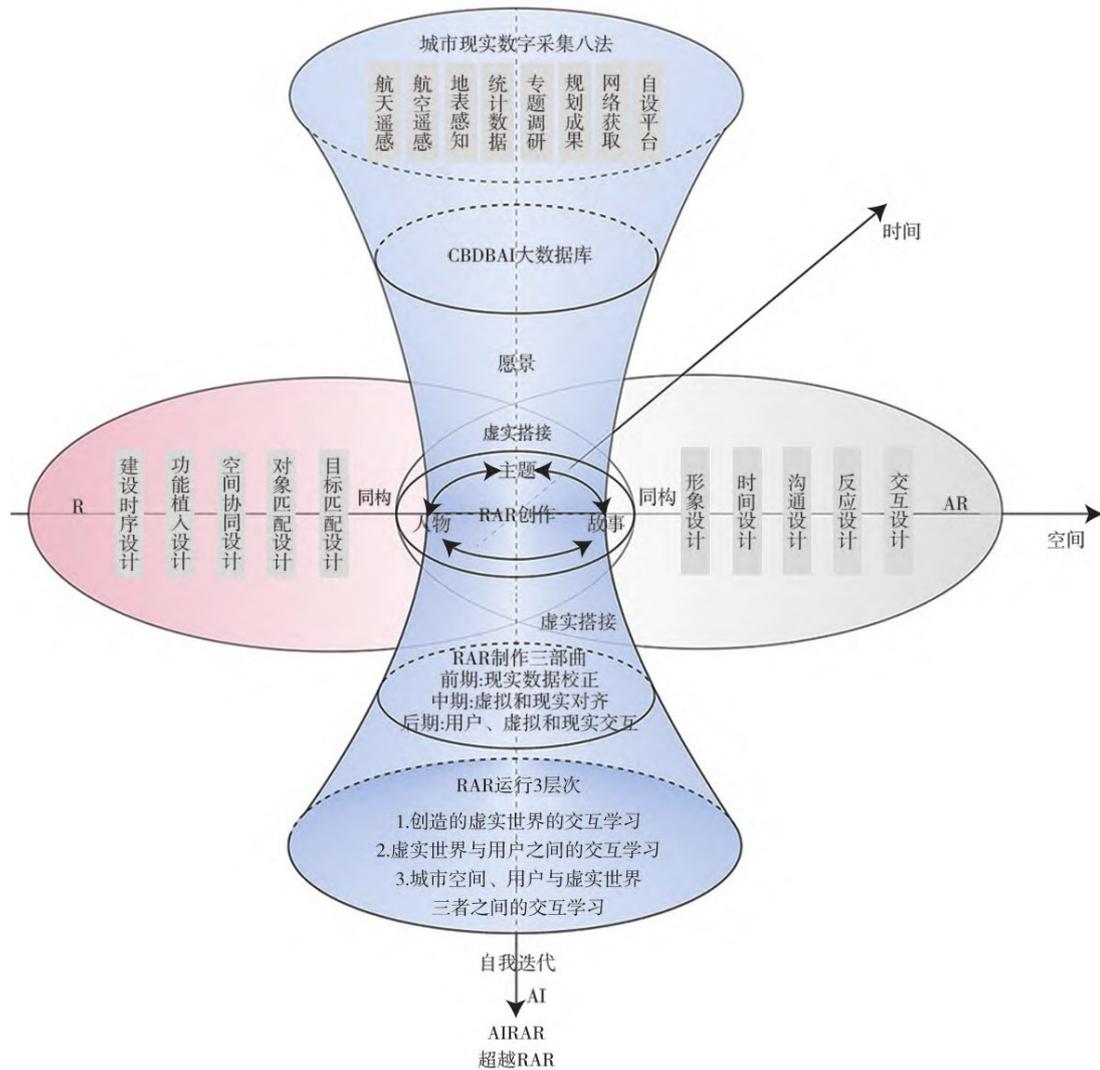


Figure 3 Cadre « RAR »



(5) Chevauchement virtuel et réel

Les quatre conceptions ci-dessus peuvent être réalisées sur un ordinateur dans le monde virtuel en s'appuyant sur la technologie numérique. Lorsque vous passez à la cinquième conception, vous devez clarifier la possibilité de chevauchement entre l'espace réel et la vision, et reconnaître les manques du monde réel et du monde virtuel. C'est ce qui est approprié à compléter grâce à la conception, cela permet à la « scène » de l'espace réel de transporter la « pièce » interprétée dans l'espace virtuel.

3.2.2 Cinq conceptions de l'espace réel

(1) Conception de correspondance cible

La conception de correspondance de cibles est une conception qui correspond aux cibles bidimensionnelles de l'espace virtuel et de l'espace réel sur la base du positionnement des cibles de la conception urbaine traditionnelle. L'objectif de la conception est toujours de surmonter les points douloureux et les problèmes difficiles, et les objectifs de conception doivent être clairs et spécifiques. Le monde virtuel dans la vision est différent du monde réel. Sur la base d'une identification précise de la vision, il est encore plus nécessaire d'identifier clairement la différence entre les rêves et la réalité, et d'utiliser des méthodes de conception

intelligentes pour combiner la vision du monde virtuel avec le monde réel. dans l'espace réel. Les objectifs correspondent.

(2) Conception de correspondance d'objets

La conception de correspondance d'objets est une conception pour la correspondance dynamique des besoins des objets d'utilisation, basée sur le diagnostic des besoins des objets utilisateur. Le véritable propriétaire de l'espace implanté n'est en fait pas le même que le constructeur de la vision actuelle, ce qui oblige les concepteurs à considérer de manière proactive les objets d'utilisation futurs et à transformer la vision de l'espace virtuel en une scène d'espace réel pratique et utilisable, ce qui est pratique. correspondre aux besoins de l'objet.

(3) Conception spatiale collaborative

La conception spatiale collaborative est la conception de la façon dont l'espace virtuel peut être interprété et collaboré avec l'espace réel. Pour passer du monde virtuel au monde réel, la façonnage de la scène doit être coordonnée avec le monde réel et effectivement implantée dans l'espace réel. Tout d'abord, nous devons considérer comment l'échelle spatiale du monde réel coordonne avec la scène du monde virtuel créée. Dans l'espace réel, le prototype de la scène du monde virtuel doit être conçu secondairement en fonction des conditions spécifiques de l'espace réel pour qu'il corresponde aux conditions spécifiques de l'espace réel.

(4) Conception d'implantation fonctionnelle

La conception d'implantation fonctionnelle est similaire à la conception de positionnement fonctionnel dans la conception urbaine traditionnelle, impliquant ici deux dimensions: l'espace virtuel et l'espace réel. « Sensible et disponible » dans un espace droit est le point d'appui de l'intégration du design et de la vie humaine. Pour répondre aux besoins spécifiques du monde réel, les concepteurs doivent implanter des fonctions spécifiques dans le prototype de scène, donner une signification réelle à la scène de l'espace virtuel et fournir un soutien aux services dans tous les aspects de la production et de la vie humaines.

(5) Conception du calendrier de construction

La conception du calendrier de construction est un guide orienté vers la mise en œuvre. Du point de vue du processus de mise en œuvre, les objectifs de conception spécifiques qui doivent être atteints à chaque étape doivent être triés, les objectifs doivent être démontés, la conception et la mise en œuvre doivent être réalisées progressivement en fonction de la situation réelle, conformément aux lois évolutives du développement de la société humaine et progressivement améliorées et améliorées à partir des objectifs de base. Dans le même temps, les processus en temps réel doivent également être prospectifs, prendre en compte à l'avance les changements apportés par les développements du monde réel et s'adapter de manière dynamique et en temps opportun.

4 « Urban Metaverse »: la pratique et la voie technique du Metaverse pour permettre à l'aménagement urbain

L'auteur détaille la voie technique orientée vers la mise en œuvre sur la base de la pratique « Urban Metaverse » de la conception urbaine autonomisée par le Metaverse réalisée des deux côtés de la rivière Minjiang à Fuzhou et de la rue Guanhe à Taizhou. La pratique de conception « Fuyuan Universe » a été lancée dans le contexte du cinquième Sommet de la Chine numérique, dans le but d'activer l'espace urbain en bord de mer des deux côtés de la rivière Minjiang à Fuzhou et de renforcer le cinquième Sommet de la Chine numérique [35];

La pratique de conception de « Xianyuan Universe » se concentre sur l'activation du quartier culturel Guanhe dans la ville de Taizhou, effectuant des mises à jour complètes depuis l'expérience spatiale jusqu'aux opérations commerciales, en faisant du premier quartier Metaverse au monde à ouvrir l'économie numérique [36]. Dans le cadre méthodologique « RAR », la voie technique de mise en œuvre du projet peut être résumée en quatre niveaux selon l'ordre chronologique (Figure 4), à savoir: (1) achever la construction spatiale grâce à l'acquisition numérique; (2) Effectuer une conception bidirectionnelle de l'espace virtuel et de l'espace réel pour compléter la création « RAR »; (3) Développer un moteur AR et un système interactif pour compléter la production « RAR »; (4) Intégrer le débogage, la publication et la maintenance des équipements logiciels et matériels pour promouvoir le fonctionnement du RAR.

4.1 Acquisition numérique: construction spatiale

Le développement du projet commence par la construction d'une base de données spatiales, principalement divisée en trois étapes: (1) Préparation avant collecte; (2) Balayage laser 3D de nuages de points et modélisation spatiale; (3) Collecte de données sur le contenu du scénario, y compris le diagnostic des problèmes et l'analyse des besoins. Au niveau technique, la technologie de numérisation en nuage de points tridimensionnel qui capture et reconstruit l'environnement réel est principalement utilisée pour numériser la scène réelle. En même temps, sa précision et sa précision sont analysées au backend du serveur, et enfin l'ensemble du site spatial réel de l'objet de conception est modélisé et clarifié. Les points douloureux et les besoins du projet. Dans le projet « Fuyuan Universe », l'équipe a étudié la portée de 5 659 m et Au total, 328 bâtiments et leurs sites ont été scannés par des nuages de points pour achever la construction spatiale; Dans le cadre du projet « Xianyuan Universe », l'équipe a effectué un balayage complet de la rivière et du paysage des deux côtés de la rue Guanhe, ainsi que de la forme des magasins le long de la rue, et a enregistré le format commercial et les données opérationnelles, achevant ainsi la construction du plancher de base de l'espace au contenu.

4.2 Création « RAR »: conception bidirectionnelle de l'espace virtuel et réel

La création de conception « City Metaverse », qui renforce la conception urbaine, est cohérente avec la conception urbaine traditionnelle. Mais la différence est que la conception de « City Universe » implique deux dimensions: l'espace virtuel et l'espace réel. En plus de la création spatiale traditionnelle, la conception de contenu numérique est également nécessaire (Figure 4). Dans le projet « Fuyuan Universe », la conception utilise des scènes réelles des deux côtés de la rivière Minjiang comme base réaliste, extrait des images telles que des poissons rouges et des banians, et utilise leau comme veine pour donner aux objets virtuels des trajectoires de mouvement et façonner un état de vie fluide. Extraire les éléments clés du processus de développement historique et culturel de la ville de Fuzhou et combiner le thème du Sommet de la Chine numérique pour concevoir une narration: la première tombe est le voyage millénaire, la deuxième tombe est la réponse des deux côtés du détroit et la troisième tombe est l'examen universitaire diversifié (Figure 5). Au cours de la journée du projet « Examen du caractère Xianyuan », afin de mettre activement en œuvre le déploiement du Comité provincial du Parti du Zhejiang de « créer de nouvelles percées dans l'héritage et le développement d'une excellente culture traditionnelle représentée par le projet de transmission de la culture de la dynastie Song », « Guanhe Rue Xianyuan Univers "est basé sur l'idée géné

rale de « leau claire et impressionnante, la culture est prospère et les rues sont nombreuses et commerciales », Connectez les ressources humaines caractéristiques de la dynastie Song du Sud le long des rivières Dongguan, Nanguan, Xiguan et Yongning, ouvrez le passage terrestre de l'ancienne rivière Guguan, reproduisez les paysages du sud du fleuve Yangtze dans l'espace virtuel, interagissez avec l'espace réel via des appareils mobiles et déclenchez une fonction expérientielle, créant une fonction pour attirer le tourisme par la culture, cultiver la culture, voyager, acheter, Un nouveau monument de « Dix milles de rivière officielle, millénaire de rime de la dynastie Song » qui peut être déteru et expérimenté. Voir la figure

Figure 4 Le Metaverse renforce la conception urbaine – la voie technique vers la réalisation du « Metaverse urbain »



Figure 5 Diagramme de scène réelle affiché interactivement par les appareils mobiles du projet « Fuyuan Universe »



Source: Équipe de préparation du projet « Univers Fuyuan: Planification et mise en œuvre de la scène nocturne de Yuanyumu dans la section centrale de la ville de Fuzhou », 2022

Figure 6 Diagramme de scène réelle affiché de manière interactive par les appareils mobiles du projet « Xianyuan Universe »



Source: équipe de préparation du projet « Guanhe Ancient Road One Immortal Universe », 2022

4.3 Production "RAR": développement du moteur et du système interactif

Le lien de production RAR peut être compris comme le lien de mise en œuvre des projets d'aménagement urbain. Contrairement à la construction dans l'espace physique après la livraison et la mise en œuvre de la conception urbaine traditionnelle, le lien de production RAR est principalement le développement de l'espace virtuel, en particulier: (1) Construire un moteur AR. Dans le même temps, il nécessite la puissance de calcul et le support des capacités d'application de base. Le moteur doit disposer de capacités de collecte et de construction de cartes 3D de haute précision au niveau du centimètre pour toutes les scènes ainsi que de capacités de calcul spatial au niveau du centimètre, et être capable de réaliser une solide compréhension environnementale et un rendu hautement réaliste. (2) Développement client. À l'heure actuelle, il s'agit principalement du développement d'APP, du développement de fonctions d'application associées et de capacités d'affichage AR. (3) Développement du système de maintenance en arrière-plan pour assurer la maintenance des utilisateurs et la gestion des droits d'utilisation associés. (4) Développement de fonctions interactives U3D, conception de pages interactives et rédaction de scripts. Dans le projet Fuyuan Universe, en raison de ses caractéristiques en bord de mer, l'interaction consiste principalement à regarder des interprétations de pièces dans l'espace virtuel; Dans le projet Xianyuan Universe, en raison de la richesse des magasins et des formats d'affaires existants, des recommandations d'achat, des interactions avec les consommateurs et d'autres liens ont été ajoutés (Figure 7).

4.4 Fonctionnement "RAR":

Une fois le projet terminé et produit, il doit effectuer un débogage intégré, un déploiement, une libération, un fonctionnement et une maintenance. Cela équivaut à l'acceptation du projet d'aménagement urbain et à l'inspection et à la maintenance de l'effet de présentation du projet. Il s'agit d'une étape clé pour intégrer la créativité et les données dans l'application (Figure 4). Une fois le débogage intégré et le déploiement de l'environnement et de l'ingénierie terminés, le contenu de l'espace virtuel peut être mis en ligne sur la plate-forme client. La sortie en ligne marque que le projet est entré dans une nouvelle étape. À ce stade, l'application est ouverte au monde extérieur et les utilisateurs peuvent commencer l'expérience réelle. Cependant, les travaux du projet ne se terminent pas. La maintenance et les inspections quotidiennes sont la clé pour garantir le fonctionnement stable à long terme de l'application. Cela comprend la surveillance des performances de l'application, la résolution des problèmes et la mise à jour régulière du logiciel pour s'adapter aux nouveaux besoins ou corriger les défauts connus.

Figure 7 Diagramme de scène réelle (scène de consommation) affiché de manière interactive par les appareils mobiles du projet « Xianyuan Universe »



Source de l'image: équipe de préparation du projet « Guanhe Ancient Road-Xianyuan Universe », 2022

5 Résumé et perspectives

À partir des caractéristiques de l'émergence et du développement du métavers, cet article explore les points communs entre le métavers et la conception urbaine: dérivés de la vision, basés sur la réalité et la création collaborative, et propose en outre trois dimensions du métavers pour permettre à la conception urbaine: expansion spatiale, continuation du temps et co-construction par les gens. Le processus créatif et les résultats du métavers permettant la conception urbaine sont définis comme « métavers urbain ». Sur la base de l'expérience pratique de conception, l'auteur propose la méthode « RAR » permettant au métavers de permettre la conception urbaine et la propose du point de vue de la relation entre l'espace virtuel et l'espace réel. Les dix architectures de conception de « RAR », en prenant comme exemples la pratique de l'univers Fuyuan et de l'univers Xianyuan, la voie technique d'application de la méthode « RAR » pour réaliser la conception urbaine automatisée par le métavers est détaillée. En tant que nouvelle réflexion sur les disciplines de l'urbanisme et de la conception apportées par l'évolution de la technologie humaine, le concept de « univers urbain » et la méthode « RAR » doivent être continuellement enrichis avec les besoins du développement de l'époque et progressivement mis en place pour résoudre les véritables problèmes et difficultés de la ville dans de nouveaux scénarios. Sur cette base, trois réflexions sur le développement sont proposées.

5.1 Processus de conception

Il est indéniable qu'avec l'intervention des nouvelles technologies, le contexte de discussion du Metaverse sur l'autonomisation de la conception urbaine future intègre les domaines traditionnels de la conception urbaine et du renouvellement, ainsi que de nombreux domaines de conception tels que la conception interactive, la conception de médias numériques et la conception artistique. Le processus créatif intègre divers types de conception et processus d'application de la technologie numérique, ce qui est différent des domaines traditionnels de la conception urbaine, de sorte que son processus de conception et de mise en œuvre est similaire aux projets généraux de construction et de renouvellement urbains. D'une manière générale, la faisabilité est plus forte, le cycle de pratique est plus court et l'effet est plus significatif. Du point de vue de la mise en œuvre et de l'application, la voie technique du Metaverse pour permettre la conception urbaine future doit être plus systématique, standardisée et standardisée.

5.2 Normes techniques

La pratique du « Metavers urbain » dans laquelle le Metaverse permet la conception urbaine future est une pratique située dans l'espace urbain réel et est liée aux aspirations

humaines et au développement urbain local. Sa conception et sa mise en œuvre doivent être limitées par des normes techniques plus claires: d'une part, elle cible la nouvelle génération de technologies numériques, telles que l'AR et d'autres orientations sur l'application technologique; D'un autre côté, il vise à contrôler la quantité de changements dans l'espace urbain pendant le processus de mise en œuvre de la conception, afin que la pratique de conception soit raisonnable, fondée sur des bases et fondée sur des lois.

5.3 Tendances futures

En septembre 2023, cinq départements, dont le ministère de la Culture et du Tourisme, ont publié conjointement le « Plan d'action triennal pour l'innovation et le développement de l'industrie du Metaverse (2023-2025) » [37], et des politiques pertinentes orientées vers les applications du Metaverse ont été successivement lancées pour encourager l'application du Metaverse. L'univers permet le développement multidimensionnel des villes. Le Yuanverse autonomise la conception urbaine future pour répondre aux besoins spécifiques de rénovation urbaine à l'ère existante, s'installe dans l'espace urbain et propose efficacement des solutions aux problèmes urbains. À l'avenir, la conception urbaine autonome par le métaverse devrait être plus étroitement intégrée aux exigences pratiques du renouvellement des stocks de mon pays et utiliser plus pleinement la technologie numérique pour proposer des solutions. La pratique du « métaverse urbain » devrait également être appliquée à un scénario plus large et pénétrer progressivement dans diverses dimensions telles que l'économie, la société et la culture pour créer des scènes de vie urbaine plus dynamiques et autonomiser efficacement l'espace urbain.

Références

- [1] Wu Zhiqiang. Cinq questions philosophiques dans la planification territoriale et spatiale [J]. *Journal of Urban Planning*, 2020(6): 7-10.
- [2] Zhao Xing, Qiao Lili, Ye Ying. Revue de la recherche et de l'application du métaverse [J]. *Journal of Information Resource Management*, 2022, 12(4): 12-23.
- [3] LEE L H, BRAUD T, ZHOU P et al. All one needs to know about metaverse: a complete survey on technological singularity, virtual ecosystem, and research agenda[M/OL]. arXiv, 2021 [2024-04-18]. <http://arxiv.org/abs/2110.05352>.
- [4] Deng Zhituan. Metaverse et développement urbain: interprétation logique et réponse de planification [J]. *Journal of Urban Planning*, 2022(3): 44-49
- [5] Ren Bing, Chen Zhixia, Zhang Maomao, Vers le métavers urbain à l'ère de l'intelligence numérique: définition conceptuelle et construction d'un cadre [J]. *E-Government*, 2023(6):88-99
- [6] Jiang Chunlei. Le métaverse et l'avenir des villes intelligentes [J]. *Bâtiments intelligents et villes intelligentes*, 2022(6): 153-155.
- [7] Gao Qiqi, Liang Xingzhou. Illusion et néant: une réflexion critique sur les phénomènes du métaverse [J]. *Academia*, 2022(2): 54-64.
- [8] Huang Xinrong. Exploration philosophique du métavers: de la société de l'information au cerveau cosmique [J]. *Exploration théorique*, 2022(2): 5-11.
- [9] YOO S C, PISCARAC D, KANG S. Digital outdoor advertising decoration for the metaverse smart city [J]. *international journal of Advanced Culture Technology*, 2022, 10(1): 196-203.
- [10] NEAL S. *Snow crash: a novel*[M]. Spectra, 2003

- [11] Xiao Chaowei, Zhang Minwei, Liu Helin, et al. Analyse de la reconstruction spatiale du « Metaverse » [J]. *Geography and Geographic Information Science*, 2022, 38(2): 1-9.
- [12] Zhang Hui, Zeng Xiong, Liang Zheng, Explorer le « métaverse »: connotation conceptuelle, développement morphologique et mécanisme dévolution [J],. *Recherche scientifique*, 2023, 41(5): 769-776.
- [13] IRSHAD S, AWANG RAMBLI D R, MUHAMAD NAZR! N I A, et al. Measuring user experience of mobile augmented reality systems through non-instrumental quality attributes [M]/ABDULLAH N, WAN ADNAN W A, FOTH M. *User science and engineering: Vol.886*. Singapore: Springer Singapore, 2018.
- [14] Chen Linsheng, Ming Wenbiao, Zhao Xing, L'intégration technologique Yuanverse permet le développement de haute qualité de l'économie réelle: modèle théorique et application industrielle [J], *Comparaison des systèmes économiques et sociaux*, 2024(1): 74-83.
- [15] Li Haohao, Xu Dapeng, Cun Lei, et al. Metaverse: conception urbaine jumelle numérique [J]. *Technologie et application de la robotique*, 2022(6):12-14.
- [16] MILGRAM P, TAKEMURA H, UTSUMI A, et al. Augmented reality: a class of displays on the reality-virtuality continuum[C]//DAS H. *Photonics for Industrial Applications*. Boston, MA, 1995: 282-292.
- [17] Gan Wei, Wu Zhiqiang, Wang Yuankai, et al. Construction dun modèle théorique de la conception urbaine assistée par IAIGC [J]. *Journal of Urban Planning*, 2023(2): 12-18.
- [18] Zhang Jiantao. Une brève analyse de la théorie occidentale contemporaine de la conception urbaine [J]. *Journal of Urban Planning*, 2005(2): 6-12
- [19] Sun Yimin, Sima Xiao, Deng Dong, et al. Discussion écrite académique sur « Conception urbaine populaire: pratique et réflexion innovantes » [J]. *Journal of Urban Planning*, 2023(3): 1-11.
- [20] Wu Lei, Niu Qiang, Zhu Yurong. Sur la ville métaverse qui intègre l'espace virtuel et réel [J]. *Journal of Urban Sciences*, 2024(1): 47-52.
- [21] Cui Kai, Transformation de la conception dans la rénovation urbaine [J], *Journal of Urban Planning*, 2022(6): 58-61.
- [22] HENRYSSON A. *Bringing augmented reality to mobile phones [D]*. Norrköping: LinköpingUniversity, 2007.
- [23] Chen Changfeng. Metaverse: la pratique de la médiatisation profonde [J]. *Modern Publishing*, 2022(2): 19-30.
- [24] Wu Zhiqiang, Gan Wei, Li Shuran, et al. « Cerveaux urbains »: modèles théoriques et questions clés [J], *Journal of Urban Planning*, 2023(6): 20-26.
- [25] Mo Wenjing, Xia Nankai, Sélection des méthodes de participation publique à l'urbanisme basées sur la maturité des participants [J], *Journal of Urban Planning*, 2012(4): 79-85
- [26] Zhao Min, Liu Jing, Demandes sociales et garanties institutionnelles de la « participation publique » dans l'urbanisme: discussions déclenchées par l'incident du « projet PX » à Xiamen [J], *Journal of Urban Planning*, 2010(3): 81-86.
- [27] Wu Zhiqiang, Zhou Mimi, Liu Qi, et al. « Jumeaux intergénérationnels »: cartographie des caractéristiques vitales des villes [J]. *Journal of Urban Planning*, 2024(1):9-17.
- [28] BELLMAN R, Li Guoliang, Ma Linjun, et al. Théorie de la programmation dynamique [J], *Journal of Sun Yat-sen University (Natural Science Edition)*, 1961(1): 1-10.
- [29] Wang Fuhai, Sun Shiwen, Zhou Jianyun, et al., *Planification urbaine: du plan ultime à la*

planification dynamique: pratique et théorie de la planification dynamique [J]. Urban Planning, 2013, 37(1): 70-75.

[30] Li Yu, Chen Ziwei, Xu Yuejia, et al. Calcul, génération, virtualisation: exploration du système technologique de conception urbaine basé sur plusieurs outils numériques [J]. Journal of Beijing Jianshu University, 2023, 39(4): 65-76

[31] Li Haohao, Xu Dapeng, Du Lei, et al. Metaverse: conception urbaine jumelle numérique [J]. Technologie et application de la robotique, 2022(6):12-14

[32] Gan Wei: Théorie et modèle de planification de l'intelligence artificielle du point de vue de la vie urbaine [J]. Planner, 2018, 34(11): 13-19.

[33] Wu Zhiqiang, Gan Wei, Liu Zhaohui, et al. Ville IA: théorie et architecture modèle[J]. Journal of Urban Planning, 2022(5):17-23

[34] AZUMA R T. A survey of augmented reality [J]. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 1997, 6(4): 355-385

[35] Xinhuanet. Wu Zhiqiang, académicien de l'Académie chinoise d'ingénierie: « Fuyuan Universe » réalise l'intégration de la technologie et des sentiments [EB/OL]. (2022-08-26) [2023-10-19]. https://www.ncsti.gov.cn/kjdt/zxbd/xzjj/szjjrc/yyz/202207/t20220728_90948.htm

[36] Xinhuanet. « Huangyan, une ville douce depuis des milliers d'années »: Ancienne route Yuanyou Guanhe [EB/OL]. (2024-04-20) [2024-04-21]. <http://www.zj.xinhuanet.com/20240420/c18bcd55bf524157be22bfaf414b6805/c.htm>

[37] Plan d'action triennal pour l'innovation et le développement de l'industrie Yuanverse (2023-2025) [R]. Pékin: Commission nationale du développement et de la réforme de la République populaire de Chine, 2023.

[1]吴志强.国土空间规划的五个哲学问题[J].城市规划学刊,2020(6):7-10.

[2]赵星,乔利利,叶鹰.元宇宙研究与应用综述[J].信息资源管理学报,2022,12(4):12-23.

[3] LEE L H, BRAUD T, ZHOU P et al. All one needs to know about metaverse:a complete survey on technological singularity, virtual ecosystem, and research agenda[M/OL]. arXiv, 2021[2024-04-18]. <http://arxiv.org/abs/2110.05352>.

[4]邓智团.元宇宙与城市发展:逻辑阐释与规划应对[J].城市规划学刊,2022(3):44-49

[5]任兵,陈志霞,张茂茂,迈向数智时代的城市元宇宙:概念界定与框架构建[J].电子政务,2023(6):88-99

[6]姜春雷.元宇宙与智慧城市的未来[J].智能建筑与智慧城市,2022(6):153-155.

[7]高奇琦,梁兴洲.幻境与虚无:对元宇宙现象的批判性反思[J].学术界,2022(2):54-64.

[8]黄欣荣.元宇宙的哲学探索:从信息社会到宇宙大脑[J].理论探索,2022(2):5-11.

[9] YOO S C, PISCARAC D, KANG s. Digital outdoor advertising decoration for the metaverse smart city[J]. international journal of Advanced Culture Technology,2022,10(1):196-203.

[10] NEAL S. Snow crash:a novel[M]. Spectra,2003.

[11]肖超伟,张旻薇,刘合林,等.“元宇宙”的空间重构分析[J].地理与地理信息科学,2022,38(2):1-9.

[12]张辉,曾雄,梁正,探微“元宇宙”:概念内涵、形态发展与演变机理[J].科学学研究,2023,41(5):769-776.

[13] IRSHAD S, AWANG RAMBLI D R,MUHAMAD NAZR! N I A, et al. Measuring user experience of mobile augmented reality systems through non-instrumental quality

attributes[M]/ABDULLAH N,WAN ADNAN W A, FOTH M. User science and engineering:Vol.886.singapore:Springer Singapore,2018.

[14]陈林生,明文彪,赵星,元宇宙技术融合赋能实体经济高质量发展:理论模型与产业应用[J],经济社会体制比较,2024(1):74-83.

[15]李浩浩,徐大鹏,杜磊,等.元宇宙:数字孪生城市设计[J].机器人技术与应用,2022(6):12-14.

[16] MILGRAM P, TAKEMURA H, UTSUMI A, et al. Augmented reality:a class of displays on the reality-virtuality continuum[C]//DAS H. Photonics for Industrial Applications. Boston, MA, 1995:282-292.

[17]甘惟,吴志强,王元楷,等. AIGC 辅助城市设计的理论模型建构[J].城市规划学刊,2023(2):12-18.

[18]张剑涛.简析当代西方城市设计理论[J].城市规划学刊,2005(2):6-12

[19]孙一民,司马晓,邓东,等.“人民城市设计:创新实践与思考”学术笔谈[J].城市规划学刊,2023(3):1-11.

[20]伍磊,牛强,朱玉蓉.论虚实空间融合的元宇宙城市[J].城市学报,2024(1):47-52.

[21]崔愷,城市更新中设计的转变[J].城市规划学刊,2022(6):58-61.

[22] HENRYSSON A. Bringing augmented reality to mobile phones[D]. Norrköping:Linköping University, 2007.

[23]陈昌凤.元宇宙:深度媒介化的实践[J].现代出版,2022(2):19-30.

[24]吴志强,甘惟,李舒然,等.“城市众脑”:理论模式及关键议题[J],城市规划学刊,2023(6):20-26.

[25]莫文竞,夏南凯,基于参与主体成熟度的城市规划公众参与方式选择[J],城市规划学刊,2012(4):79-85

[26]赵民,刘婧,城市规划中“公众参与”的社会诉求与制度保障:厦门市“PX 项目”事件引发的讨论[J],城市规划学刊,2010(3):81-86.

[27]吴志强,周咪咪,刘琦,等.“跨代孪生”:映射城市的生命特征[J].城市规划学刊,2024(1):9-17.

[28] BELLMAN R,黎国良,马麟浚,等.动态规划理论[J].中山大学学报(自然科学版),1961(1):1-10.

[29]王富海,孙施文,周剑云,等,城市规划:从终极蓝图到动态规划:动态规划实践与理论[J].城市规划,2013,37(1):70-75.

[30]李煜,陈紫薇,徐跃家,等.计算、生成、虚拟:基于多元数字工具的城市设计技术体系探索[J].北京建筑大学学报,2023,39(4):65-76

[31]李浩浩,徐大鹏,杜磊,等.元宇宙:数字孪生城市设计[J].机器人技术与应用,2022(6):12-14

[32]甘惟:城市生命视角下的人工智能规划理论与模型[J].规划师,2018,34(11):13-19.

[33]吴志强,甘惟,刘朝晖,等. AI 城市:理论与模型架构[J].城市规划学刊,2022(5):17-23

[34] AZUMA R T. A survey of augmented reality[J]. Presence:Teleoperators and Virtual Environments, 1997, 6(4):355-385

[35]新华网.中国工程院院士吴志强:“福元宇宙”实现技术与情怀的融合[EB/OL].(2022-08-26)[2023-10-

19].https://www.ncsti.gov.cn/kjdt/ztbd/xzjj/szjjrc/yyz/202207/t20220728_90948.html.

[36]新华网.《黄岩,一座甜了千年的城》:元游官河古道[EB/OL].(2024-04-20)[2024-04-21].<http://www.zj.xinhuanet.com/20240420/c18bcd55bf524157be22bfaf414b6805/c.html>.

[37]元宇宙产业创新发展三年行动计划(2023-2025 年)[R].北京:中华人民共和国国家发展和改革委员会,2023.