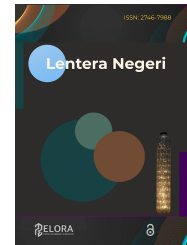




Contents lists available at [Elora Center](#)

Lentera Negeri

Journal homepage: <https://lentera.eloracenter.org/lentera>



Perkembangan riset digital animation pada era metaverse serta peluang riset masa depan

Alzet Rama^{*)}, Mutia Ramdhatul Jannah

Universitas Negeri Padang

Article Info

Article history:

Received May 12th, 2025

Revised Jun 20th, 2025

Accepted Jul 26th, 2025

Keyword:

Animasi digital,
Metaverse,
Bibliometrik,
Dunia virtual

ABSTRACT

Perkembangan teknologi metaverse dalam satu dekade terakhir telah mendorong tumbuhnya kembali minat riset terhadap animasi digital sebagai komponen inti pembangunan dunia virtual. Penelitian ini menyajikan pemetaan bibliometrik terhadap literatur ilmiah yang mengaitkan animasi digital dengan metaverse dan dunia virtual, menggunakan data yang diambil dari basis data Scopus pada 20 Juli 2026. Setelah melalui proses penyaringan bertahap berdasarkan rentang tahun, jenis sumber, jenis dokumen, tahap publikasi, dan bahasa, diperoleh 109 artikel jurnal berbahasa Inggris terbitan 2016 hingga 2025 sebagai korpus akhir. Analisis dilakukan dengan bantuan perangkat lunak Biblioshiny (Bibliometrix versi R) untuk mengukur produktivitas tahunan, dampak sitasi, distribusi sumber (Hukum Bradford), konsentrasi produktivitas penulis (Hukum Lotka), sebaran negara, ko-kata kunci, dan pemetaan tematik. Hasil menunjukkan bahwa produksi ilmiah tumbuh dengan laju tahunan sebesar 29,15%, dengan lonjakan tertinggi pada tahun 2023 (25 artikel) dan didominasi oleh jurnal Computer Animation and Virtual Worlds yang menyumbang 31 dari 109 dokumen. Tiga tema menempati posisi motor (motor themes) dalam peta tematik, yaitu kluster virtual reality-animation-virtual worlds, kluster augmented reality-3D modeling, serta kluster kecerdasan buatan, sementara kluster metaverse justru berada pada posisi tema dasar (basic themes) yang menandakan bahwa istilah tersebut masih menjadi kata kunci umum yang belum berkembang menjadi sub-bidang yang matang secara konseptual. Temuan ini mengungkap adanya kesenjangan riset pada integrasi animasi digital berbasis kecerdasan buatan generatif dengan arsitektur metaverse yang persisten dan multi-pengguna, sebuah celah yang menjadi dasar penyusunan agenda penelitian masa depan pada artikel ini.



© 2025 The Authors.

This is an open access article under the CC BY-NC-SA license
(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0>)

Corresponding Author:

Alzet Rama,

alzetrama@unp.ac.id

Pendahuluan

Gagasan tentang dunia virtual yang persisten dan dapat dihuni secara sosial bukan lagi sekadar wacana fiksi ilmiah sejak sejumlah perusahaan teknologi besar mengumumkan investasi besar-besaran pada infrastruktur metaverse pada awal dekade 2020-an. Pergeseran ini memberi tekanan baru pada bidang animasi digital, sebab dunia virtual yang meyakinkan menuntut karakter, objek, dan lingkungan yang bergerak secara alami, responsif terhadap interaksi pengguna secara waktu nyata, dan mampu diproduksi dalam skala besar tanpa mengorbankan kualitas visual. Animasi digital, yang semula berkembang sebagai cabang grafika komputer untuk kebutuhan film dan permainan, kini bertransformasi menjadi tulang punggung teknis bagi pembangunan avatar, lingkungan tiga dimensi, dan interaksi sosial dalam ruang virtual.

Pada level regional, kawasan Asia Timur dan Amerika Utara menjadi pusat gravitasi riset dan industri animasi-metaverse, didorong oleh ekosistem industri permainan, film animasi, dan perangkat keras extended reality yang matang di Tiongkok, Korea Selatan, Amerika Serikat, dan Inggris. Sementara itu, kawasan lain termasuk Asia Tenggara masih berada pada tahap awal adopsi, lebih banyak berperan sebagai pengguna teknologi metaverse dibandingkan produsen pengetahuan ilmiah tentang animasi digital itu sendiri. Ketimpangan produksi ilmiah semacam ini penting untuk didokumentasikan secara empiris agar peneliti dari kawasan yang belum banyak berkontribusi dapat mengidentifikasi celah dan peluang kolaborasi.

Secara nasional, riset animasi digital di Indonesia sejauh ini lebih banyak berfokus pada aspek pedagogis dan industri kreatif, sementara kajian yang secara eksplisit menghubungkan animasi digital dengan arsitektur teknis metaverse masih jarang ditemukan pada basis data internasional bereputasi. Kekosongan ini menjadi salah satu alasan mengapa pemetaan bibliometrik lintas negara diperlukan, sehingga peneliti Indonesia memiliki rujukan yang jelas mengenai posisi, tren, dan aktor dominan dalam bidang ini sebelum merumuskan agenda risetnya sendiri.

Permasalahan penelitian muncul dari kenyataan bahwa literatur tentang animasi digital dan metaverse tersebar pada berbagai rumpun ilmu, mulai dari grafika komputer, kecerdasan buatan, hingga ilmu komunikasi dan pariwisata, sehingga sulit bagi peneliti untuk memperoleh gambaran menyeluruh mengenai struktur intelektual bidang ini hanya dengan membaca literatur secara manual. Tanpa pemetaan yang sistematis, upaya menentukan arah riset baru berisiko mengulang topik yang sudah jenuh dibahas atau, sebaliknya, mengabaikan celah yang justru signifikan.

Sebagaimana akan ditunjukkan pada bagian hasil, data yang dianalisis dalam penelitian ini mengindikasikan bahwa kata kunci metaverse dan metaverses, meskipun sering muncul, justru menempati posisi tema dasar pada peta tematik dan belum terhubung erat secara konseptual dengan kluster inti animasi-virtual reality. Kesenjangan riset ini menjadi titik tolak penelitian: literatur belum banyak mengeksplorasi bagaimana teknik animasi digital mutakhir, khususnya yang berbasis pembelajaran mendalam dan model generatif, dapat diintegrasikan secara struktural ke dalam arsitektur metaverse yang bersifat persisten dan kolaboratif, bukan sekadar demonstrasi visual jangka pendek.

Urgensi penelitian ini terletak pada kebutuhan peta jalan riset yang berbasis bukti empiris bagi peneliti, pengembang kebijakan, dan pengelola jurnal yang ingin mengarahkan sumber daya pada topik yang benar-benar berkembang, bukan sekadar mengikuti tren populer di media. Novelty penelitian ini terletak pada penggunaan analisis tematik kuadran (thematic map) dan jaringan ko-kata kunci secara terintegrasi untuk memisahkan secara eksplisit posisi konseptual animasi digital dari posisi konseptual metaverse itu sendiri di dalam korpus 109 artikel yang dianalisis, sesuatu yang belum banyak dilakukan pada tinjauan sistematis naratif sebelumnya di bidang ini.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk memetakan perkembangan produktivitas ilmiah, struktur kolaborasi, distribusi sumber, dan struktur tematik penelitian animasi digital pada era metaverse selama periode 2016-2025, serta merumuskan agenda riset masa depan yang berlandaskan pada kesenjangan yang teridentifikasi dari data.

Metode

Penelitian ini menggunakan desain bibliometrik kuantitatif dengan pendekatan analisis performa (performance analysis) dan pemetaan sains (science mapping). Data primer diambil dari basis data Scopus (Elsevier) karena cakupannya yang luas terhadap jurnal internasional bereputasi di bidang ilmu komputer dan interdisipliner terkait.

Pencarian dilakukan pada 20 Juli 2026 menggunakan string Boolean: ((metaverse OR "virtual world") AND ("digital animation" OR "computer animation" OR "3D animation" OR animation)), yang diterapkan pada bidang judul, abstrak, dan kata kunci. Pencarian awal menghasilkan 825 dokumen.

Proses seleksi dilakukan secara bertahap. Pertama, dokumen dibatasi pada rentang tahun 2016 hingga 2025 sehingga tersisa 304 dokumen. Kedua, dilakukan penyaringan berdasarkan jenis sumber (source type) jurnal, yang mengurangi jumlah dokumen menjadi 140. Ketiga, penyaringan jenis dokumen (document type) artikel menghasilkan 116 dokumen. Keempat, penyaringan tahap publikasi (publication stage) final menyisakan 115 dokumen. Kelima, penyaringan bahasa Inggris menghasilkan korpus akhir sebanyak 109 artikel, yang menjadi unit analisis pada penelitian ini.

Kriteria inklusi meliputi: (1) dokumen berjenis artikel jurnal, (2) telah berada pada tahap publikasi final, (3) ditulis dalam bahasa Inggris, dan (4) terbit pada rentang 2016-2025. Kriteria eksklusi meliputi dokumen

berupa prosiding konferensi, buku, bab buku, catatan editorial, dokumen dengan tahap publikasi in-press pada saat pengambilan data, serta dokumen berbahasa selain Inggris.

Diagram Alur Seleksi (PRISMA)

Proses seleksi dokumen disajikan mengikuti kerangka PRISMA untuk memastikan transparansi tahapan penyaringan, sebagaimana dirangkum pada Tabel 1.

Tabel 1. Tahapan Identifikasi, Penyaringan, dan Kelayakan Dokumen

Tahap	Kriteria Penyaringan	Jumlah Dokumen	Dokumen Tersisih
Identification	Pencarian awal database Scopus (Boolean search)	825	-
Identification	Pembatasan rentang tahun 2016-2025	304	521
Screening	Penyaringan Source Type: Journal	140	164
Screening	Penyaringan Document Type: Article	116	24
Eligibility	Penyaringan Publication Stage: Final	115	1
Included	Penyaringan bahasa: English	109	6

Dokumen yang tersisih pada setiap tahap tidak disertai keterangan alasan eksklusi per-dokumen dalam berkas yang tersedia sehingga rincian penyebab spesifik dari setiap eksklusi tidak dapat diverifikasi lebih lanjut berdasarkan dataset penelitian; informasi yang tercatat hanya berupa jumlah dokumen pada setiap tahap penyaringan sebagaimana dilaporkan pada dokumen metode yang diunggah peneliti.

Analisis data dilakukan menggunakan perangkat lunak Biblioshiny, antarmuka berbasis web dari paket R Bibliometrix, untuk menghasilkan metrik performa (produktivitas tahunan, rata-rata sitasi per tahun, siklus hidup topik, kurva pertumbuhan kumulatif), analisis distribusi sumber mengikuti Hukum Bradford, analisis produktivitas penulis mengikuti Hukum Lotka, analisis sebaran dan kolaborasi negara, serta analisis ko-kata kunci dan pemetaan tematik (thematic map). Validasi data dilakukan dengan membandingkan angka ringkasan pada berkas ekspor Biblioshiny (MainInfo) dengan penghitungan langsung terhadap berkas CSV ekspor Scopus; kedua sumber menunjukkan kesesuaian pada seluruh metrik utama, termasuk jumlah dokumen (109), rentang tahun (2016-2025), dan rata-rata sitasi per dokumen (13,26), sehingga tidak ditemukan inkonsistensi yang memerlukan keputusan hierarki sumber data.

Hasil dan Pembahasan

Audit dan Profil Umum Dataset

Tabel 2 menunjukkan bahwa bidang ini tergolong relatif muda dan sedang tumbuh cepat, tercermin dari rata-rata usia dokumen yang hanya 3,6 tahun serta laju pertumbuhan tahunan sebesar 29,15%, jauh melampaui laju pertumbuhan rata-rata bidang ilmu komputer secara umum yang umumnya berkisar 10-15% per tahun. Proporsi kolaborasi internasional sebesar 22,02% menunjukkan bahwa penelitian pada bidang ini masih didominasi oleh tim penulis dalam satu institusi atau satu negara, dengan kolaborasi lintas batas negara yang relatif terbatas dibandingkan bidang ilmu komputer terapan lain yang telah matang.

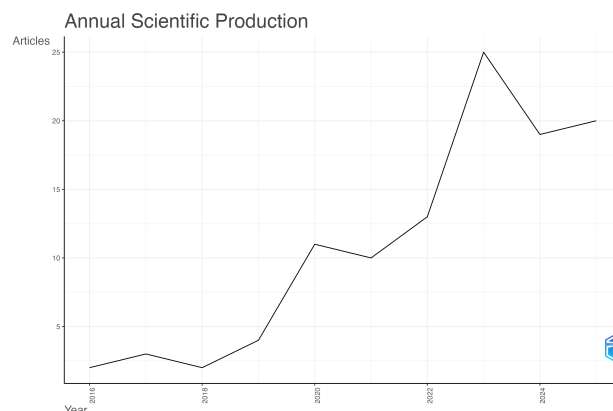
Tabel 2. Ringkasan Informasi Utama Dataset

Deskripsi	Nilai
Rentang waktu	2016 - 2025
Jumlah sumber (jurnal)	67
Jumlah dokumen	109
Laju pertumbuhan tahunan (Annual Growth Rate)	29,15%
Rata-rata usia dokumen	3,6 tahun
Rata-rata sitasi per dokumen	13,26

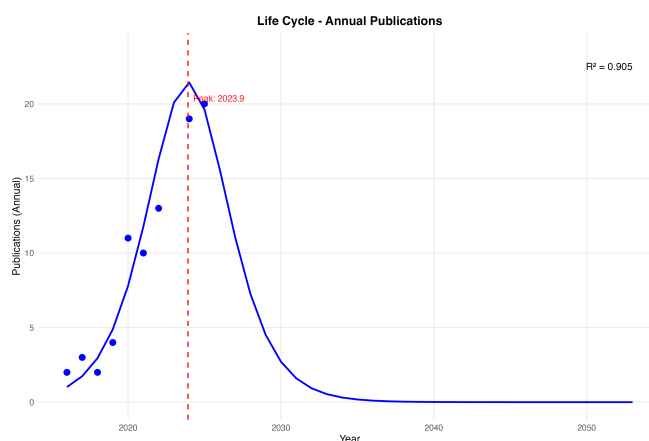
Deskripsi	Nilai
Total referensi yang disitasi	4.323
Kata kunci Plus (Index Keywords)	848
Kata kunci penulis (Author Keywords)	396
Jumlah penulis	390
Penulis dokumen tunggal	12
Dokumen dengan penulis tunggal	13
Rata-rata ko-penulis per dokumen	3,87
Kolaborasi internasional	22,02%

Tren Produktivitas dan Siklus Hidup Publikasi

Gambar 1 memperlihatkan pola pertumbuhan yang landai antara tahun 2016 hingga 2019, dengan capaian dua hingga empat artikel per tahun, sebelum memasuki fase percepatan sejak tahun 2020 yang mencapai puncaknya pada tahun 2023 dengan 25 artikel. Titik ini bertepatan dengan gelombang investasi industri teknologi pada konsep metaverse yang ramai diberitakan sejak akhir 2021, sehingga masuk akal bila jeda waktu antara momentum industri dengan puncak publikasi ilmiah berkisar satu hingga dua tahun, mengingat proses tinjauan sejawat pada jurnal internasional umumnya memerlukan waktu tersebut. Setelah tahun 2023, jumlah publikasi sedikit menurun menjadi 19 pada 2024 sebelum kembali naik menjadi 20 pada 2025, sebuah pola yang lebih menyerupai stabilisasi pada level baru dibandingkan penurunan minat riset.



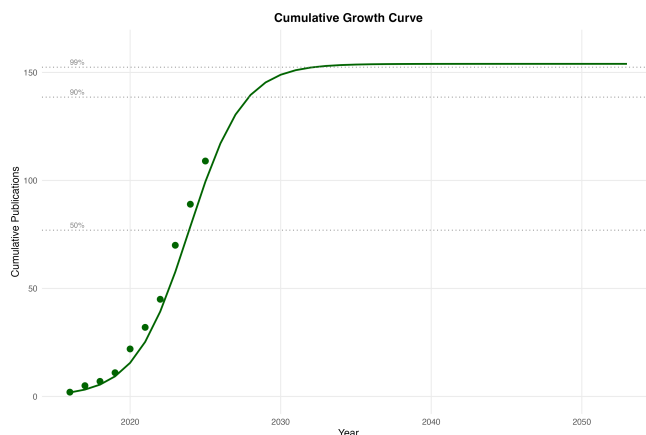
Gambar 1. Produksi Ilmiah Tahunan (Annual Scientific Production).



Gambar 2. Kurva Siklus Hidup Publikasi Tahunan (Life Cycle) dengan Model Pertumbuhan.

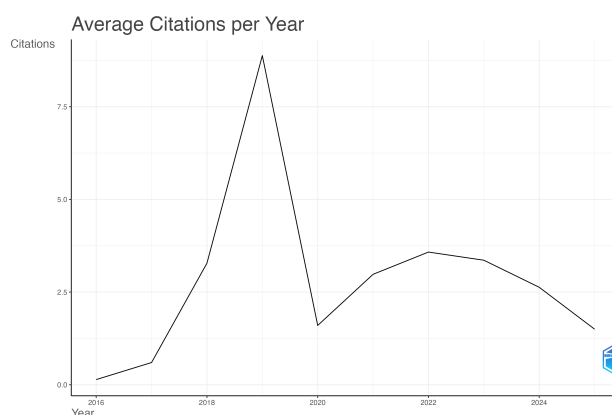
Model siklus hidup pada Gambar 2 mengestimasi puncak pertumbuhan pada titik waktu 2023,9 dengan koefisien determinasi R^2 sebesar 0,905, yang mengindikasikan model tersebut cukup baik dalam menjelaskan

pola data observasi. Perlu ditegaskan bahwa proyeksi penurunan tajam pasca-2028 pada kurva ini merupakan hasil ekstrapolasi model matematis berbasis data historis hingga 2025, bukan data observasi aktual, sehingga interpretasinya harus dibatasi sebagai indikasi bahwa topik ini kemungkinan telah melewati fase pertumbuhan eksponensial awal dan mendekati fase kematangan, bukan sebagai prediksi pasti bahwa minat riset akan lenyap.



Gambar 3. Kurva Pertumbuhan Kumulatif Publikasi.

Kurva kumulatif pada Gambar 3 memperkuat pembacaan tersebut: garis pertumbuhan mulai melandai mendekati ambang 90% pada rentang 2028-2030 menurut proyeksi model, mengonfirmasi bahwa fase akumulasi cepat pengetahuan pada topik ini terjadi dalam jendela waktu yang relatif singkat, yaitu sekitar 2020 hingga 2025.



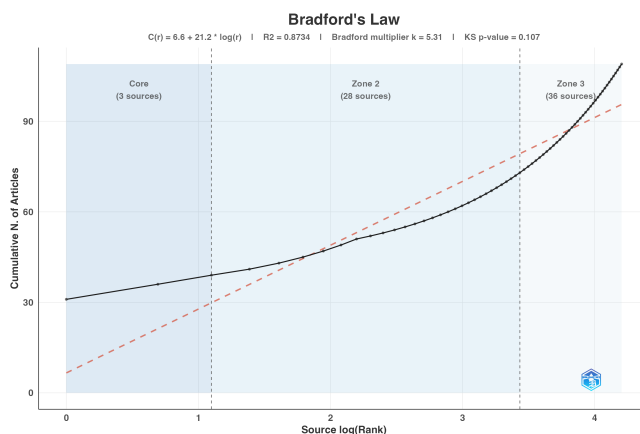
Gambar 4. Rata-Rata Sitasi per Tahun (Average Citations per Year).

Pola rata-rata sitasi tahunan pada Gambar 4 menunjukkan puncak pada tahun 2019, bukan pada tahun dengan volume publikasi tertinggi. Hal ini konsisten dengan sifat kumulatif sitasi, di mana artikel yang terbit lebih awal memiliki jendela waktu lebih panjang untuk disitasi oleh literatur berikutnya, sehingga artikel tahun 2023-2025 secara struktural belum dapat menyamai rata-rata sitasi artikel tahun 2019 meskipun secara kualitas isi belum tentu berbeda. Penurunan rata-rata sitasi pada dokumen terbitan 2020 ke bawah kemudian naik kembali secara bertahap hingga 2022 sebelum menurun lagi menjelang 2025 juga sejalan dengan pola umum ini dan tidak serta-merta menunjukkan penurunan kualitas maupun relevansi topik.

Distribusi Sumber: Hukum Bradford

Analisis Bradford pada Gambar 5 dan Tabel 3 mengidentifikasi tiga jurnal inti (Zona 1/Core) yaitu Computer Animation and Virtual Worlds, ACM Transactions on Graphics, dan Applied Sciences (Switzerland), yang secara kolektif memuat 39 dari 109 artikel atau sekitar 35,8% dari total korpus. Dominasi Computer Animation and Virtual Worlds yang menyumbang 31 artikel sendirian, jauh melampaui jurnal lain, mengindikasikan bahwa jurnal tersebut berfungsi sebagai forum inti (core journal) yang secara de facto menjadi rumah utama bagi riset teknis animasi digital yang berkaitan dengan dunia virtual. Nilai koefisien determinasi Bradford ($R^2 = 0,8734$) dan nilai p KS sebesar 0,107 pada Gambar 5 menunjukkan model logaritmik Bradford relatif sesuai dengan pola distribusi artikel pada dataset ini, meskipun tidak sempurna,

yang lazim terjadi pada bidang riset yang masih relatif muda dan belum memiliki ekosistem jurnal yang mapan dan terdiversifikasi. Zona 2 memuat 28 sumber dan Zona 3 memuat 36 sumber, menunjukkan long-tail sebaran ke berbagai jurnal interdisipliner mulai dari ilmu komputer, geosains, hingga jurnal kajian media.



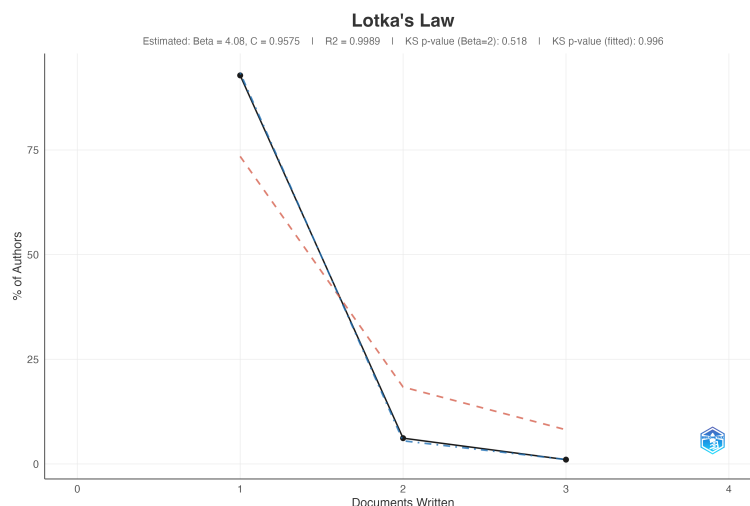
Gambar 5. Kurva Hukum Bradford.

Tabel 3. Sepuluh Sumber (Jurnal) dengan Kontribusi Artikel Terbanyak

Peringkat	Nama Jurnal	Jumlah Artikel	Zona Bradford
1	Computer Animation and Virtual Worlds	31	Zona 1 (Inti)
2	ACM Transactions on Graphics	5	Zona 1 (Inti)
3	Applied Sciences (Switzerland)	3	Zona 1 (Inti)
4	IEEE Access	2	Zona 2
5	IEEE Robotics and Automation Letters	2	Zona 2
6	IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics	2	Zona 2
7	Information (Switzerland)	2	Zona 2
8	International Journal of Advanced Computer Science and Applications	2	Zona 2
9	Proceedings of the ACM on Computer Graphics and Interactive Techniques	2	Zona 2

Produktivitas Penulis: Hukum Lotka

Estimasi parameter Hukum Lotka pada Gambar 6 menghasilkan nilai Beta sebesar 4,08 dengan konstanta C sebesar 0,9575 dan R^2 sebesar 0,9989, jauh lebih tinggi dari nilai Beta teoritis Lotka klasik sebesar 2. Nilai Beta yang lebih besar dari 2 ini menunjukkan bahwa konsentrasi produktivitas pada bidang ini bahkan lebih timpang dibandingkan pola Lotka klasik: sebanyak 92,82% dari 390 penulis hanya berkontribusi pada satu dokumen sepanjang periode yang dianalisis, sementara hanya empat penulis yang telah menghasilkan tiga dokumen. Uji Kolmogorov-Smirnov terhadap model dengan Beta tetap 2 menghasilkan p-value 0,518, sedangkan model dengan Beta hasil estimasi (4,08) menghasilkan p-value 0,996, yang berarti model dengan Beta terestimasi jauh lebih sesuai dengan data observasi. Pola ini mengindikasikan bahwa bidang penelitian animasi digital pada era metaverse belum memiliki kelompok peneliti inti (core group of prolific authors) yang mapan; sebagian besar kontribusi berasal dari peneliti yang baru sekali menerbitkan pada domain irisan ini, sebuah karakteristik yang lazim pada bidang riset interdisipliner yang baru terbentuk.



Gambar 6. Kurva Hukum Lotka.

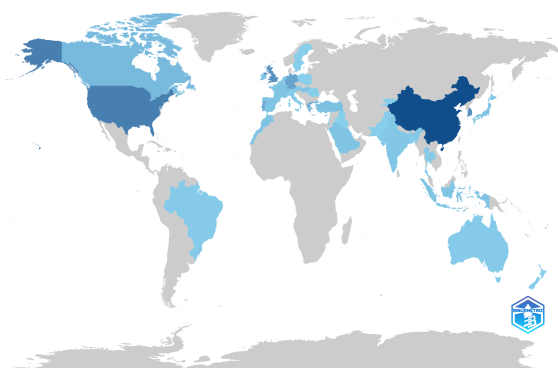
Tabel 4. Distribusi Penulis Berdasarkan Jumlah Dokumen

Jumlah Dokumen Ditulis	Jumlah Penulis	Proporsi Penulis
1	362	92,82%
2	24	6,15%
3	4	1,03%

Sebaran dan Kolaborasi Negara

Tabel 5 dan Gambar 7 menunjukkan bahwa produktivitas riset pada bidang ini terpusat pada Tiongkok dan Amerika Serikat sebagai dua kontributor terbesar, diikuti Korea Selatan dan Inggris Raya pada peringkat setara. Dominasi Tiongkok sejalan dengan skala investasi industri teknologi grafika komputer, permainan digital, dan kecerdasan buatan generatif di negara tersebut, sementara posisi Amerika Serikat konsisten dengan keberadaan pusat riset grafika komputer terkemuka yang berafiliasi dengan perusahaan teknologi besar. Gambar 8 memperlihatkan bahwa jalur kolaborasi internasional yang tervisualisasikan terutama menghubungkan Amerika Serikat dengan kawasan Eropa Barat dan kawasan Asia Timur (Tiongkok, Jepang, Korea Selatan), sementara kolaborasi lintas Belahan Selatan (Global South) relatif jarang tervisualisasikan pada dataset ini. Sebagai catatan, angka pada Gambar 8 tidak disertai tabel Total Link Strength kolaborasi negara secara eksplisit pada berkas Biblioshiny yang diunggah, sehingga kekuatan pasti setiap tautan kolaborasi tersebut tidak dapat diverifikasi dan tidak digunakan sebagai dasar kuantitatif dalam interpretasi, selain dari pola visual keterhubungan garis pada peta.

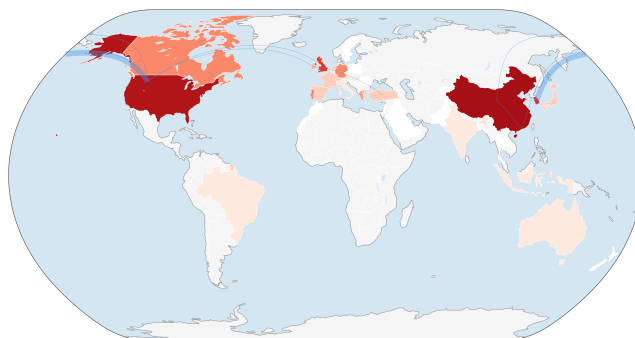
Country Scientific Production



Gambar 7. Peta Produksi Ilmiah Berdasarkan Negara.

Tabel 5. Sepuluh Negara dengan Kontribusi Artikel Terbanyak (Frekuensi Kemunculan Penulis per Negara)

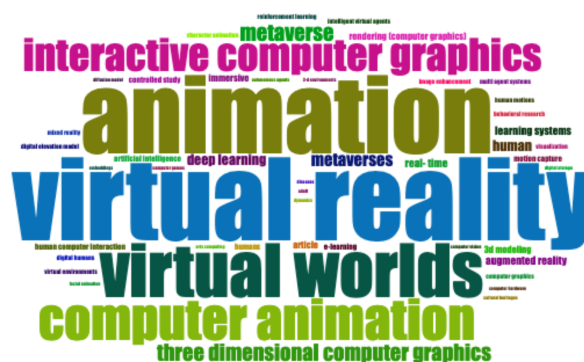
Peringkat	Negara	Frekuensi
1	Tiongkok	43
2	Amerika Serikat	26
3	Korea Selatan	20
4	Inggris Raya	20
5	Jerman	14
6	Portugal	12
7	Yunani	11
8	Kanada	7
9	Siprus	6
10	Swiss / Turki	5



Gambar 8. Peta Kolaborasi Antar negara (Country Collaboration Map).

Analisis Ko-Kata Kunci dan Word Cloud

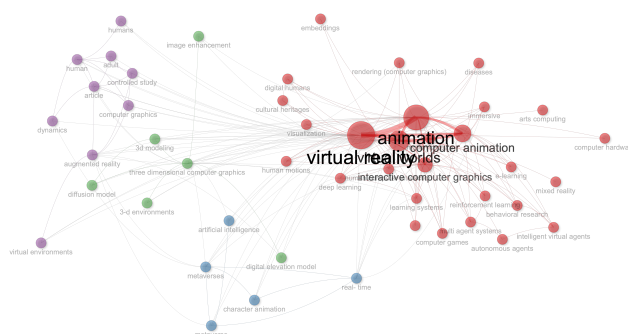
Kata kunci virtual reality (68 kemunculan) dan animation (64 kemunculan) menjadi dua istilah paling dominan dalam korpus, jauh melampaui frekuensi kemunculan metaverse (14) dan metaverses (11) secara terpisah. Meskipun metaverse merupakan istilah pemersatu yang digunakan pada seluruh strategi pencarian dataset ini, frekuensi kemunculannya sebagai kata kunci artikel relatif rendah dibandingkan istilah virtual reality dan animation, yang mengindikasikan bahwa banyak artikel dalam korpus ini menempatkan diri pada wacana virtual reality dan animasi komputer yang telah lebih mapan, dan baru mengaitkannya dengan metaverse sebagai bingkai kontekstual, bukan sebagai fokus konseptual utama.



Gambar 9. Word Cloud Kata Kunci Dominan.

Tabel 6. Dua Puluh Kata Kunci dengan Frekuensi Tertinggi

Kata Kunci	Frekuensi
virtual reality	68
animation	64
virtual worlds	44
computer animation	34
interactive computer graphics	27
metaverse	14
three dimensional computer graphics	14
metaverses	11
deep learning	9
human	9
augmented reality	7
learning systems	7
real-time	7
3d modeling	6
article	6
immersive	6
rendering (computer graphics)	6
artificial intelligence	5
controlled study	5
e-learning	5

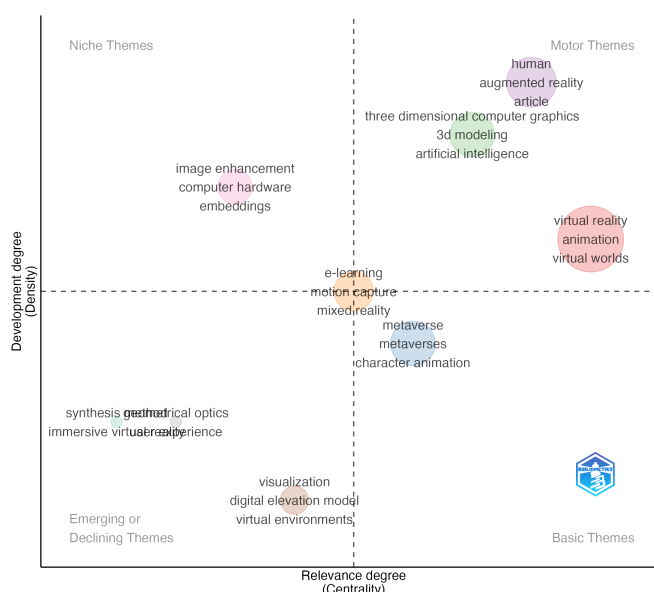

Gambar 10. Jaringan Ko-Kata Kunci (Co-occurrence Network).

Gambar 10 menampilkan empat kluster warna. Kluster merah, yang terbesar, berpusat pada node virtual reality dan animation dengan keterhubungan erat terhadap computer animation, virtual worlds, interactive computer graphics, immersive, e-learning, mixed reality, deep learning, learning systems, reinforcement learning, hingga multi agent systems dan intelligent virtual agents, menunjukkan bahwa kluster ini merepresentasikan inti teknis bidang: bagaimana animasi dan realitas virtual dibangun serta diaplikasikan pada konteks pembelajaran dan agen cerdas. Kluster ungu berkumpul di sekitar node human, article, controlled study, dan augmented reality, mengindikasikan sub-tema penelitian berorientasi pengguna manusia dan studi eksperimental terkontrol. Kluster hijau menghimpun node image enhancement, 3d modeling, three dimensional computer graphics, dan diffusion model, mencerminkan sub-tema pemodelan geometris dan sintesis citra berbasis kecerdasan buatan generatif. Kluster biru, yang berada pada posisi lebih

perifer terhadap kluster merah, menghimpun artificial intelligence, metaverse, metaverses, character animation, dan real-time, mengindikasikan bahwa wacana metaverse dalam jaringan ko-kata kunci ini justru lebih dekat terhubung dengan kecerdasan buatan dan animasi karakter waktu nyata dibandingkan dengan node virtual reality itu sendiri, sebuah temuan yang relevan bagi perumusan celah riset pada bagian berikutnya.

Pemetaan Tematik (Thematic Map)

Peta tematik pada Gambar 11 membagi tema penelitian ke dalam empat kuadran berdasarkan derajat sentralitas (relevansi terhadap bidang secara keseluruhan) dan derajat kepadatan (tingkat perkembangan internal tema). Pada kuadran motor themes (kanan atas), yang mencerminkan tema yang sudah berkembang matang dan sekaligus relevan secara sentral, ditemukan tiga kluster: (1) virtual reality-animation-virtual worlds sebagai kluster terbesar dan paling sentral, (2) human-augmented reality-article, dan (3) three dimensional computer graphics-3d modeling-artificial intelligence. Pada kuadran basic themes (tengah, mendekati sumbu), ditemukan kluster e-learning-motion capture-mixed reality dan kluster metaverse-metaverses-character animation. Posisi kluster metaverse pada kuadran tema dasar, alih-alih pada kuadran tema motor, merupakan temuan penting: hal ini menunjukkan bahwa istilah metaverse dalam korpus ini masih berfungsi sebagai kata kunci transversal yang menghubungkan berbagai sub-bidang, tetapi belum berkembang menjadi kluster riset yang padat dan matang secara internal sebagaimana kluster virtual reality dan animasi. Pada kuadran niche themes (kiri atas) ditemukan kluster image enhancement-computer hardware-embeddings, yang berkembang padat secara internal namun kurang sentral terhadap keseluruhan bidang. Pada kuadran emerging or declining themes (kiri bawah) ditemukan kluster synthesis method-geometrical optics-immersive virtual experience serta kluster visualization-digital elevation model-virtual environments, yang menunjukkan tema-tema tersebut belum atau sedang kehilangan momentum dalam korpus yang dianalisis.



Gambar 11. Peta Tematik Berdasarkan Sentralitas dan Kepadatan.

Dokumen Paling Berpengaruh

Dokumen paling banyak disitasi, DReCon oleh Bergamin dkk. (2019) dengan 208 sitasi, membahas kontrol karakter fisik berbasis data untuk animasi responsif, jauh melampaui dokumen peringkat kedua. Delapan dari sepuluh dokumen paling berpengaruh berfokus pada aspek teknis pembuatan animasi tiga dimensi seperti kontrol gerakan karakter, remeshing, dan rekonstruksi gerak, sementara hanya satu dokumen (Chia, 2022) yang secara eksplisit mengkaji metaverse dari perspektif kajian media dan komunikasi. Pola ini memperkuat temuan pada peta tematik bahwa fondasi keilmuan yang paling berpengaruh dalam korpus ini adalah rekayasa teknis animasi tiga dimensi, dengan metaverse lebih banyak berperan sebagai konteks aplikasi dibandingkan sebagai objek kajian teoretis tersendiri.

Tabel 7. Sepuluh Dokumen dengan Jumlah Sitasi Tertinggi

Penulis (Tahun)	Judul Singkat	Sumber	Sitasi
Bergamin dkk. (2019)	DReCon: Data-driven responsive control of physics-based characters	ACM Trans. on Graphics	208
Ozvoldik dkk. (2023)	YASARA Model: Interactive Molecular Modeling ... Virtual Realities	J. Chem. Info. Modeling	75
Ferstl dkk. (2021)	ExpressGesture: Expressive gesture generation from speech	Comp. Anim. Virtual Worlds	54
Chia (2022)	The metaverse, but not the way you think	Critical Studies Media Comm.	54
Evangelidis dkk. (2018)	3D geospatial visualizations: Animation and motion effects	Computers & Geosciences	53
Jing & Song (2020)	Application of 3d reality technology combined with CAD	Comp.-Aided Design Appl.	51
Ponton dkk. (2023)	SparsePoser: Real-time Full-body Motion Reconstruction	ACM Trans. on Graphics	49
Gulec dkk. (2019)	A 3D virtual environment for training soccer referees	Computer Standards & Interfaces	45
Zhang dkk. (2023)	DreamFace: Progressive Generation of Animatable 3D Faces	ACM Trans. on Graphics	44
Palfinger (2022)	Continuous remeshing for inverse rendering	Comp. Anim. Virtual Worlds	39

Simpulan

Penelitian ini memetakan 109 artikel jurnal internasional bereputasi terbitan 2016-2025 yang mengaitkan animasi digital dengan metaverse dan dunia virtual. Produksi ilmiah pada bidang ini tumbuh dengan laju tahunan 29,15% dan mencapai puncak pada tahun 2023, didominasi oleh jurnal Computer Animation and Virtual Worlds yang menyumbang hampir sepertiga dari seluruh korpus. Produktivitas penulis sangat terkonsentrasi pada kontributor sekali terbit (92,82% dari 390 penulis), dan kolaborasi berpusat pada Tiongkok, Amerika Serikat, Korea Selatan, dan Inggris Raya. Temuan paling substantif dari penelitian ini adalah bahwa klaster metaverse, meskipun menjadi kata kunci pemersatu pencarian data, menempati posisi tema dasar (bukan tema motor) pada peta tematik, dan keterkaitannya dengan klaster inti teknis animasi-realitas virtual masih tergolong longgar berdasarkan bukti jaringan ko-kata kunci dan pola sitasi dokumen paling berpengaruh.

Referensi

- Alabau, A., Fabra, L., Martí-Testón, A., Muñoz, A., Solanes, J.E., & Gracia, L. (2024). Enriching User-Visitor Experiences in Digital Museology: Combining Social and Virtual Interaction within a Metaverse Environment. *Applied Sciences* (Switzerland), 14(9). <https://doi.org/10.3390/app14093769>
- Alcántara, J.C., Tasic, I., & Cano, M.-D. (2024). Enhancing Digital Identity: Evaluating Avatar Creation Tools and Privacy Challenges for the Metaverse. *Information* (Switzerland), 15(10). <https://doi.org/10.3390/info15100624>
- Bellenger, D., Chen, M., & Xu, Z. (2024). Facial emotion recognition with a reduced feature set for video game and metaverse avatars. *Computer Animation and Virtual Worlds*, 35(2). <https://doi.org/10.1002/cav.2230>

- Bergamin, K., Clavet, S., Holden, D., & Richard Forbes, J. (2019). DReCon: Data-driven responsive control of physics-based characters. *ACM Transactions on Graphics*, 38(6). <https://doi.org/10.1145/3355089.3356536>
- Bhavana, S., & Vijayalakshmi, V. (2022). AI-Based Metaverse Technologies Advancement Impact on Higher Education Learners. *WSEAS Transactions on Systems*, 21. <https://doi.org/10.37394/23202.2022.21.19>
- Cadi Yazli, N., Baka, E., Magnenat-Thalmann, N., Kaplanidi, D., Partarakis, N., Karuzaki, E., Zidianakis, M., Pattakos, A., & Zabulis, X. (2022). Modeling craftspeople for cultural heritage: A case study. *Computer Animation and Virtual Worlds*, 33(3-4). <https://doi.org/10.1002/cav.2075>
- Chen, B., Wang, Z., Li, B., Wang, S., & Wang, S. (2025). Interactive Face Video Coding: A Generative Compression Framework. *IEEE Transactions on Image Processing*, 34. <https://doi.org/10.1109/TIP.2025.3563762>
- Chia, A. (2022). The metaverse, but not the way you think: game engines and automation beyond game development. *Critical Studies in Media Communication*, 39(3). <https://doi.org/10.1080/15295036.2022.2080850>
- Cruz, A., Paredes, H., Morgado, L., & Martins, P. (2021). Non-verbal aspects of collaboration in virtual worlds: A cscw taxonomy-development proposal integrating the presence dimension. *Journal of Universal Computer Science*, 27(9). <https://doi.org/10.3897/JUCS.74166>
- Cruz, M., & Oliveira, A. (2024). Unravelling Virtual Realities—Gamers' Perceptions of the Metaverse. *Electronics (Switzerland)*, 13(13). <https://doi.org/10.3390/electronics13132491>
- Cruz, M., Oliveira, A., & Pinheiro, A. (2023). Meeting Ourselves or Other Sides of Us?—Meta-Analysis of the Metaverse. *Informatics*, 10(2). <https://doi.org/10.3390/informatics10020047>
- Du, W., Zhong, X., Jia, Y., Jiang, R., Yang, H., Ye, Z., & Zong, Z. (2022). A Novel Scenario-Based, Mixed-Reality Platform for Training Nontechnical Skills of Battlefield First Aid: Prospective Interventional Study. *JMIR Serious Games*, 10(4). <https://doi.org/10.2196/40727>
- Dzardanova, E., Nikolakopoulou, V., Kasapakis, V., Vosinakis, S., Xenakis, I., & Gavalas, D. (2024). Exploring the impact of non-verbal cues on user experience in immersive virtual reality. *Computer Animation and Virtual Worlds*, 35(1). <https://doi.org/10.1002/cav.2224>
- El Hajji, M., Ait Baha, T., Berka, A., Ait Nacer, H., El Aouifi, H., & Es-Saady, Y. (2025). An Architecture for Intelligent Tutoring in Virtual Reality: Integrating LLMs and Multimodal Interaction for Immersive Learning. *Information (Switzerland)*, 16(7). <https://doi.org/10.3390/info16070556>
- Evangelidis, K., Papadopoulos, T., Papatheodorou, K., Mastorokostas, P., & Hilaris, C. (2018). 3D geospatial visualizations: Animation and motion effects on spatial objects. *Computers and Geosciences*, 111. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2017.11.007>
- Fang, J., You, L., Chaudhry, E., & Zhang, J. (2023). State-of-the-art improvements and applications of position based dynamics. *Computer Animation and Virtual Worlds*, 34(5). <https://doi.org/10.1002/cav.2143>
- Ferstl, Y., Neff, M., & McDonnell, R. (2021). ExpressGesture: Expressive gesture generation from speech through database matching. *Computer Animation and Virtual Worlds*, 32(3-4). <https://doi.org/10.1002/cav.2016>
- Gulec, U., Yilmaz, M., Isler, V., O'Connor, R.V., & Clarke, P.M. (2019). A 3D virtual environment for training soccer referees. *Computer Standards and Interfaces*, 64. <https://doi.org/10.1016/j.csi.2018.11.004>
- Heo, M.-H., & Kim, D. (2021). Effect of Augmented Reality Affordance on Motor Performance: In the Sport Climbing. *Human-centric Computing and Information Sciences*, 11. <https://doi.org/10.22967/HICIS.2021.11.040>
- Huang, L., Yang, F., Wei, C., Chen, Y.J.E., Yuan, C., & Gao, M. (2023). Towards Realtime: A Hybrid Physics-based Method for Hair Animation on GPU. *Proceedings of the ACM on Computer Graphics and Interactive Techniques*, 6(3). <https://doi.org/10.1145/3606937>
- Jing, Y., & Song, Y. (2020). Application of 3d reality technology combined with cad in animation modeling design. *Computer-Aided Design and Applications*, 18(S3). <https://doi.org/10.14733/cadaps.2021.S3.164-175>
- Khalid, S., Alam, A., Fayaz, M., Din, F., Ullah, S., & Ahmad, S. (2023). Investigating the effect of network latency on users' performance in Collaborative Virtual Environments using navigation aids. *Future Generation Computer Systems*, 145. <https://doi.org/10.1016/j.future.2023.02.025>
- Korbel, J.J., Siddiq, U.H., & Zarnekow, R. (2022). Towards Virtual 3D Asset Price Prediction Based on Machine Learning. *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*, 17(3). <https://doi.org/10.3390/jtaer17030048>

- Kyriakou, T., de la Campa Crespo, M.Á., Panayiotou, A., Chrysanthou, Y., Charalambous, P., & Aristidou, A. (2024). Virtual Instrument Performances (VIP): A Comprehensive Review. *Computer Graphics Forum*, 43(2). <https://doi.org/10.1111/cgf.15065>
- Lakshika, E., Barlow, M., & Easton, A. (2017). Understanding the Interplay of Model Complexity and Fidelity in Multiagent Systems via an Evolutionary Framework. *IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games*, 9(3). <https://doi.org/10.1109/TCIAIG.2016.2560882>
- Lei, Z., Zhou, H., Hu, W., Liu, G.-P., Deng, Q., Zhou, D., Liu, Z.-W., & Gao, X. (2021). Unified 3-D Interactive Human-Centered System for Online Experimentation: Current Deployment and Future Perspectives. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 17(7). <https://doi.org/10.1109/TII.2020.3019238>
- Li, J., & Wang, J. (2023). Digital animation multimedia information synthesis based on mixed reality framework with specialized analysis on speech data. *International Journal of Speech Technology*, 26(1). <https://doi.org/10.1007/s10772-021-09940-x>
- Lin, Z., Wong, I.A., Zhen, X., & Chan, S.H.G. (2021). Doraemon and snow white dreams come true: understanding cartoon pilgrimage travel motivations. *Journal of Travel and Tourism Marketing*, 38(2). <https://doi.org/10.1080/10548408.2021.1887056>
- Luo, H., Xu, T., Jiang, Y., Zhou, C., Qiu, Q., Zhang, Y., Yang, W., Xu, L., & Yu, J. (2022). Artemis: Articulated Neural Pets with Appearance and Motion Synthesis. *ACM Transactions on Graphics*, 41(4). <https://doi.org/10.1145/3528223.3530086>
- Manning, P. (2020). Free the code, free the world: The chronotopic “worldness” of the virtual world of Ryzom. *Language and Communication*, 70. <https://doi.org/10.1016/j.langcom.2019.01.002>
- Marchi, E., Schuller, B., Baird, A., Baron-Cohen, S., Lassalle, A., O'Reilly, H., Pigat, D., Robinson, P., Davies, I., Baltrušaitis, T., Adams, A., Mahmoud, M., Golan, O., Fridenson-Hayo, S., Tal, S., Newman, S., Meir-Goren, N., Camurri, A., Piana, S., Bölte, S., Sezgin, M., Alyuz, N., Rynkiewicz, A., & Baranger, A. (2019). The ASC-inclusion perceptual serious gaming platform for autistic children. *IEEE Transactions on Games*, 11(4). <https://doi.org/10.1109/TG.2018.2864640>
- Oliveira, A., & Cruz, M. (2023). Virtually Connected in a Multiverse of Madness?—Perceptions of Gaming, Animation, and Metaverse. *Applied Sciences (Switzerland)*, 13(15). <https://doi.org/10.3390/app13158573>
- Ozvoldik, K., Stockner, T., & Krieger, E. (2023). YASARA Model-Interactive Molecular Modeling from Two Dimensions to Virtual Realities. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 63(20). <https://doi.org/10.1021/acs.jcim.3c01136>
- Palfinger, W. (2022). Continuous remeshing for inverse rendering. *Computer Animation and Virtual Worlds*, 33(5). <https://doi.org/10.1002/cav.2101>
- Ponton, J.L., Yun, H., Aristidou, A., Andujar, C., & Pelechano, N. (2023). SparsePoser: Real-time Full-body Motion Reconstruction from Sparse Data. *ACM Transactions on Graphics*, 43(1). <https://doi.org/10.1145/3625264>
- Reda, D., Won, J., Ye, Y., Van De Panne, M., & Winkler, A. (2023). Physics-based Motion Retargeting from Sparse Inputs. *Proceedings of the ACM on Computer Graphics and Interactive Techniques*, 6(3). <https://doi.org/10.1145/3606928>
- Roy, S.G., & Kanjilal, U. (2021). Web-based augmented reality for information delivery services: A performance study. *DESIDOC Journal of Library and Information Technology*, 41(3). <https://doi.org/10.14429/djlit.41.03.16428>
- Starke, S., Starke, P., He, N., Komura, T., & Ye, Y. (2024). Categorical Codebook Matching for Embodied Character Controllers. *ACM Transactions on Graphics*, 43(4). <https://doi.org/10.1145/3658209>
- Stefanidi, E., Partarakis, N., Zabulis, X., Adami, I., Ntoa, S., & Papagiannakis, G. (2022). Transferring Traditional Crafts from the Physical to the Virtual World: An Authoring and Visualization Method and Platform. *Journal on Computing and Cultural Heritage*, 15(2). <https://doi.org/10.1145/3484397>
- Tauscher, J.-P., Witt, A., Bosse, S., Schottky, F.W., Grogorick, S., Castillo, S., & Magnor, M. (2020). Exploring neural and peripheral physiological correlates of simulator sickness. *Computer Animation and Virtual Worlds*, 31(4-5). <https://doi.org/10.1002/cav.1953>
- Trivedi, H., & Mousas, C. (2023). Human-virtual crowd interaction: Towards understanding the effects of crowd avoidance proximity in an immersive virtual environment. *Computer Animation and Virtual Worlds*, 34(3-4). <https://doi.org/10.1002/cav.2169>
- Xiang, N., Wang, R., Jiang, T., Wang, L., Li, Y., Yang, X., & Zhang, J. (2020). Sketch-based modeling with a differentiable renderer. *Computer Animation and Virtual Worlds*, 31(4-5). <https://doi.org/10.1002/cav.1939>

- Xu, X., Zou, G., Chen, L., & Zhou, T. (2022). Metaverse Space Ecological Scene Design Based on Multimedia Digital Technology. *Mobile Information Systems*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/7539240>
- Yuan, H., & Veltkamp, R.C. (2021). PreSim: A 3D Photo-Realistic Environment Simulator for Visual AI. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 6(2). <https://doi.org/10.1109/LRA.2021.3061994>
- Zhang, L., Qiu, Q., Lin, H., Zhang, Q., Shi, C., Yang, W., Shi, Y., Yang, S., Xu, L., & Yu, J. (2023). DreamFace: Progressive Generation of Animatable 3D Faces under Text Guidance. *ACM Transactions on Graphics*, 42(4). <https://doi.org/10.1145/3592094>