

کارکرد دیجیتال میکاپ در سینمای معاصر^۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۲۲، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۱۸

پریا نجم روشن^۲، پیام زین العابدینی^۳

چکیده

اهمیت جلوه‌های بصری دیجیتال در سینمای معاصر سبب شده تا مطالعه و بررسی علوم و فنون این فناوری کارآمد موضوعی حائز اهمیت قلمداد شود. در سینمای امروز استفاده از جلوه‌های ویژه بصری برای خلق شخصیت‌های دیجیتالی در حال گسترش و توسعه است به گونه‌ای که گاه برای مخاطب تشخیص شخصیت واقعی از دیجیتالی غیرممکن است. پژوهش حاضر با هدفی کاربردی در پی ارزیابی حوزه مطالعاتی کمتر شناخته شده در ایران پیرامون دانش دیجیتال میکاپ در سینما است. از این‌روی مراحل شکل‌گیری دیجیتال میکاپ و عناصر اثرگذار بر آن در طول جریان تولید و فیلمبرداری دسته‌بندی و واکاوی شده است. مسئله اصلی پژوهش جستار ویژگی‌های گریم دیجیتالی در آفرینش، حفظ زیبایی‌شناسی و واقع‌نمایی تصاویر است. روش تحقیق کیفی با رویکردی تحلیلی و بر اساس منابع کتابخانه‌ای مکتوب، تصویری و شنیداری است. از این‌روی جهت آشکارسازی مسئله پژوهش فیلم مورد عجیب بنجامین باتن از موارد مطلوب گزینش و تحلیل شده است.

واژگان کلیدی: دیجیتال میکاپ، جلوه‌های بصری، موشن کپچر، مورد عجیب بنجامین باتن، آواتار

۱. مقاله حاضر برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نگارنده اول تحت عنوان «کارکرد دیجیتال میکاپ در فیلم‌های آواتار و بنجامین باتن» به راهنمایی نگارنده دوم است که در تاریخ ۱۴۰۰/۱۲/۱۸ در دانشکده هنر دانشگاه سوره دفاع شده است.

۲. کارشناسی ارشد انیمیشن، دانشگاه سوره، تهران، ایران.

۳. دکتری پژوهش هنر دانشگاه تهران، ایران، تهران (نویسنده مسئول).

مقدمه

از ابتدای دههٔ هشتاد میلادی فناوری دیجیتال به وجود آمد و به تدریج وارد تمامی عرصه‌ها شد. به همین جهت پیوندی ناگسستنی میان این فناوری با فیلم‌سازان پیشرو و آثار روز جهان به وجود آمده است. آنچه که سینمای دیجیتال را نسبت به سینمای سنتی مطرح می‌سازد، تنها به کاهش هزینه و صرفه جویی در زمان و انرژی ختم نمی‌شود. ساخت برخی صحنه‌ها در سینمای سنتی غیرممکن یا بسیار ابتدایی و غیرطبیعی بوده و در سینمای دیجیتال امکان‌پذیر، بسیار حرفه‌ای و با کیفیت است. در این خصوص می‌توان به گریم و چهره‌پردازی اشاره کرد که بسیار حائز اهمیت است. امکانی که در سینمای دیجیتال برای شخصیت‌ها به‌خصوص شخصیت‌های غیرانسانی توسط گریم دیجیتالی به وجود می‌آید بسیار فراتر از توانایی‌هایی است که در سینمای سنتی برای این شخصیت‌ها مهیا می‌شود و گاه با صرف هزینه‌های گزاف گریم و تولید ماکت‌سازی غیرقابل انجام است. تفاوت‌های فراوانی بین سینمای دیجیتال و سنتی وجود دارد که ما تنها به بخشی از آن پرداخته‌ایم. مثال‌های فراوانی در خصوص استفاده از فناوری دیجیتال میکاپ در سینما وجود دارد که به دلیل کاربردهای فراوان آن مورد استفاده قرار گرفته است. کوزینسکی^۴ می‌گوید: «به نظر من این فناوری فرصت‌هایی واقعاً عالی را در اختیار بازیگران قرار می‌دهد.» نکتهٔ اصلی اینجاست که چنین فناوری‌هایی قادر به پر کردن جاهای خالی بسیاری از جمله مدت زمان تولید فیلم و هزینهٔ بازیگران است.

در حالی که استفاده از کاربردهای متفاوت فناوری دیجیتال در کشورهای مختلف رو به گسترش است، اما با وجود ورود تجهیزات سینمای دیجیتال به کشور، کماکان موارد اندکی از آثار تولید شده از تمامی امکانات دیجیتال، همینطور دیجیتال میکاپ استفاده می‌کنند که پژوهش در این زمینه می‌تواند راهنمای جامعه سینمای ایران باشد و چنین پژوهش‌های از این حیث پر اهمیت و ضروری به نظر می‌رسد. در سینمای ایران تنها بخشی از مراحل تدوین و فعالیت‌های ناچیزی در زمینه جلوه‌های ویژه به صورت دیجیتال انجام می‌شود و می‌توان گفت در خصوص استفاده از دیجیتال میکاپ، کشور ما از سهم بسیار ناچیزی برخوردار

است. از این روی مسئله اصلی پژوهش حاضر واکاوی این مسئله است که چگونه گریم دیجیتالی می‌تواند در بازآفرینی و حفظ زیبایی‌شناسی و واقع‌نمایی تصاویر اثرگذار باشد؟ بدین‌سان می‌توان سؤالات زیر را در جهت آشکار سازی مسئله پژوهش برشمرد.

۱. چگونه دیجیتال میکاپ در سینمای معاصر جهان باعث ایجاد بستری جدید در عرصهٔ فیلم‌سازی شده است؟
۲. چگونه دیجیتال میکاپ می‌تواند در واقع‌نمایی، بازآفرینی و حفظ زیبایی‌شناسی تصاویر اثرگذار باشد؟

پیشینه تحقیق

- امیر حسین خیاطی (۱۳۹۷) در تحقیقی با عنوان «بررسی شکل‌گیری و توسعهٔ بازیگری مجازی در فیلم» که در مقطع کارشناسی ارشد انجام شده نگاشته است: بهره‌گیری از جلوه‌های ویژه کامپیوتری برای خلق شخصیت‌های دیجیتالی روز به روز در حال توسعه و گسترش است و با سرعت به سمت تطابق کامل با واقعیت پیش می‌رود؛ به گونه‌ای که گاه تشخیص شخصیت واقعی از دیجیتال برای بیننده ناممکن است. این تکنیک نه تنها باعث ساخته شدن و بازسازی فیلم‌های فانتزی و علمی-تخیلی شده است بلکه قدم به ژانرهای دیگر سینمایی و حوزه‌های انیمیشن، ویدئو گیم، ویدئو کلیپ، تیزرهای تبلیغاتی و صنعت سرگرمی گذارده است و در ترکیب با سایر هنرها [دیجیتال]، در حال تبدیل شدن به مدیوم جدیدی است.

- طباطبایی، سید مسلم (۱۳۷۴) در پژوهشی با عنوان «بررسی رویکردهای ارتقا‌پذیری در انیمیشن رایانه‌ای با تمرکز بر نقش بازیگری کاراکتر در انیمیشن سه‌بعدی روایی»، در مقطع کارشناسی ارشد تصویر متحرک دانشگاه هنر تهران، پس از مشاهدات دیوید سرمن بر نظریهٔ «واقع‌نمایی ادراکی» استفان پرینس و مفهوم باورپذیری، بر اهداف متنوع رسانهٔ نوین دیجیتالی و امکانات ذاتی انیمیشن سه‌بعدی و اثر گذاری بر رویکردهای واقع‌نمایی پرداخته است. در این پژوهش نظریهٔ «رسانه خاصگی» با تکیه بر نظرات نظریه‌پردازانی چون آندره بازن، لف مانوویچ، و جسیکا آلدرد مورد بحث قرار گرفته است و مفهوم بازیگری از نگاه اد هوکس که تمرکز بر کاراکترهای انیمیشن روایی دارد، تشریح می‌شود. سپس، ورطهٔ غریب‌نمایی که چالش باورپذیری کاراکتر سه‌بعدی رایانه‌ای است، بررسی می‌شود.

خاطر نیست که واقع‌گرایی ادراکی از نظر تمام هنرمندان و انیماتورهای دیجیتال صراحتاً به عنوان یک هدف غایی در نظر گرفته شده بود، بلکه این نکته، مهم بود که حالا دیگر واقع‌گرایی ادراکی قابل دستیابی بود» (براون، ۱۳۹۸: ۶۶). ویژگی‌های سیستم‌های دیجیتالی نه فقط امکان رهیافت‌های هنری جدید را فراهم می‌آورد، بلکه بسیاری از مفاهیم بنیادین هنری و فلسفی را به چالش می‌طلبد (لوگریس، ۱۳۸۴: ۲۳۷). مارتین لیستر^۶ در مقاله‌ای با عنوان «درآمدی بر جایگاه تصویر در فرهنگ دیجیتال»، بر این نکته تأکید دارد که «فناوری‌ها سرانجام معنایی تازه می‌آفرینند یا به آنها معناهای تازه داده می‌شود. روشن است که برای شناختن اشیای جدید ممکن است ابزارهای نظری و انتقادی جدیدی مورد نیاز باشد. ولی این ابزارها به بهترین وجه از طریق نقد، تأمل و آزمودن توضیحات قدیمی‌تر در مواجهه با شرایط جدید و در درون آن شرایط به دست می‌آیند» (ایونر، ۱۳۸۹: ۱۴). سینمای دیجیتال سیر در تجسم ذهنیت و احساس در قالب عینیت اثر هنری را هموارتر می‌کند. با این شیوه دست فیلمساز در نمایش مفاهیم انتزاعی، احساسات پیچیده و تصورات متافیزیک بازتر است (عامری مهابادی، ۱۳۸۵: ۹). پیشرفت‌های رایانه‌ای توانسته‌اند «رخدادهای جاری محیط» را «تغییر» دهد، «دگرگون» کند و باز «ترجمه» کند تا به صورت «ورودی‌های جدید» در «محیطی تعاملی»^۷ بازخورد یابد» (لوگریس، ۱۳۸۴: ۱۶۸). چنین جهانی برگرفته از مدل‌ها یا صورت‌های خیالی است که جز در خودشان هیچ زمینه‌ای در واقعیت ندارند (بودریار، ۱۳۷۴: ۲۴ و ۲۵). جهانی که فناوری دیجیتال خلق می‌کند، به آنچه که در برابر دوربین است، توجه ندارد. به عبارت دیگر، طبیعت مورد نظر نیست، بلکه خلق می‌شود.

واقع‌گرایی سینمایی (فنی)

اندرو دارلی^۸، نظریه‌پرداز رسانه، در کتاب فرهنگ بصری دیجیتال از بازی در سطح و شگرف‌نمایی در ژانرهای رسانه‌های جدید (۲۰۰۰) به عنوان رئالیسم مرتبه دوم^۹ نام برده شده است [...] بسیاری از جنبه‌های این نوع واقع‌گرایی

– سروش، بهشید (۱۳۷۴). در پایان نامه کارشناسی ارشدش با عنوان «بررسی خلق فانتزی و تخیل با فن آوری‌های مدرن در سینمای لایواکشن با تأکید بر فیلم‌های ارباب حلقه‌ها»، که در رشته ی سینما دانشگاه هنر تهران به انجام رسیده به چگونگی تعاریف و خلق فانتزی‌ها و تخیلات بشری با توجه به روند توسعه فن آوری‌های مدرن در سینمای لایواکشن مربوط به ژانر فانتزی پرداخته و سه‌گانه ارباب حلقه‌ها را از این منظر تحلیل کرده است. محقق تا جایی که مشاهده کرده است تحقیقی در زمینه دیجیتال میکاپ در منابع داخلی مشاهده نکرده است.

پیشینه پژوهش

روش تحقیق این پژوهش کیفی^۵ با رویکردی تحلیلی است و بر اساس مطالعه منابع کتابخانه‌ای، آرشیوهای تصویری و گردآوری اطلاعات انجام می‌شود. بنا به تعریف پاول «اگر اطلاعات موجود در یک زمینه خاص چنان اندک باشد که حتی تشخیص این که نادانسته‌ها کدام‌اند خود مسئله‌ساز باشد، باید از رویکرد طبیعت‌گرایانه و روش‌های کیفی‌تر بهره جست» (پاول، ۱۳۷۹: ۲۱۱). پژوهش کیفی از میان رشته‌های عملی میان بر می‌زند و مشتمل بر پدیدارهای مبهمی است که بین نظریه و روش پل می‌زنند. روش معین و مشخصی ندارد و معنای آن در طی سه قرن عمل و جدل به شدت تغییر کرده است» (لیندف، تیلور، ۸۱۳۸: ۵۲). روش‌شناسی کیفی شامل انواع مختلفی از روش‌ها، رویه‌ها و طرح‌های پژوهشی است. آنها ابزارهای متعارف‌سازی نشده‌ای هستند که می‌توانند به طور انعطاف‌پذیری برای انواع موضوعات تحقیق هم ساز شوند. تمام انواع روش‌های کیفی در هدف اصلی تحقیق‌شان مشترک‌اند و آن فهم عمیق‌تر موضوع تحقیق است (شول، ۲۰۰۸: ۴۰۵۳) (طاهری، ۱۳۹۶: ۱۵). قابل ذکر است جهت آشکارسازی مسئله پژوهش فیلم مورد عجیب بنجامین باتن بر اساس انتخاب هدفمند از موارد مطلوب گزینش و بررسی شده است.

واقع‌گرایی مجازی، واقع‌گرایی سینمایی

در سال ۱۹۹۶ استفان پرینس شاهد این حقیقت بود که هنرمندان و انیماتورهای دیجیتالی تقریباً هدف دستیابی به واقع‌گرایی ادراکی را تحقق بخشیده بودند. «این امر به این

6. Martin Lister

7. Interactive

8. Andrew Darley

9. Second-order realism

5. Qualitative research

داد، جانشین یکدیگر کرد و فیلمی که از رویدادهای واقعی گرفته می‌شود، صرفاً به اثری گرافیکی تبدیل می‌شود که با تصاویر نقاشی شده تفاوتی ندارد.

۳. اگر در فیلمسازی رایج رویداد واقعی دست نخورده می‌ماند، اکنون به ماده خامی برای کامپوزیت، انیمیشن و مورف‌سازی^{۱۵} تبدیل می‌شود. در نتیجه، فیلم ضمن حفظ واقعیت بصری، در روند عکاسی، حالتی تجسمی دارد که قبلاً فقط در نقاشی یا انیمیشن محقق بود. در اینجا از نام واقعیت انعطاف‌پذیر، یکی از نرم‌افزارهای محبوب مورف‌سازی، استفاده می‌کنم. مثلاً در نمای افتتاحیه فارست گامپ^{۱۶} (رابرت زمه‌کیس، پارامونت پیکچرز^{۱۷}، ۱۹۹۴، با جلوه‌های ویژه شرکت اینداستریال لایت اند مجیک^{۱۸}) پرواز غیر عادی، طولانی و بسیار پیچیده پر دنبال شده است. برای ساختن چنین نمایی از نقاط دید گوناگون از یک پر واقعی بر پس زمینه آبی فیلمبرداری شد. سپس، این دست مایه انیمیشن و بر نماهای منظره کامپوزیت شد. نتیجه کار نوع تازه‌ای از واقعیت است که می‌توان آن را چنین توصیف کرد: «چیزی که انگار قرار بوده واقعی باشد؛ گرچه واقعاً چنین نیست.»

۴. قبلاً تدوین و جلوه‌های ویژه فعالیت‌های کاملاً مجزایی بود. کار تدوین‌گر چیدن و نظم بخشیدن به سکانس‌های تصاویر بود. دخل و تصرف در تصویر کار متخصصان جلوه‌های ویژه بود. رایانه این تمایز را از بین می‌برد. دست کاری در تصاویر با برنامه رنگ یا پردازشگر الگوریتمی تصویر مانند چینش سکانس‌های تصاویر در زمان ساده می‌شود. هر دو صرفاً شامل بریدن و چسباندن^{۱۹} می‌شود. چنانکه این فرمان پایه رایانه‌ای نشان می‌دهد. تغییر در تصاویر دیجیتال یا سایر داده‌های دیجیتالی به تمایز زمان و مکان یا تفاوت‌های گسترده حساسیت ندارد؛ پس، چینش دوباره تصاویر در زمان کامپوزیت آنها در مکان، تغییر بخش‌هایی از تصویر و تغییر پیکسل‌های منفرد از جنبه ذهنی و عملی به عملیات مشابهی تبدیل می‌شود.

۵. با توجه به اصول پیشین، می‌توانیم فیلم دیجیتالی را به این صورت تعریف کنیم:

با اتخاذ به آنچه به عنوان فرهنگ لنز، شناخته می‌شود. این موارد شامل افکت‌هایی همچون لنز فلر^{۲۰}، دوربین لرزان^{۲۱} و مات‌شدگی حرکتی^{۲۲}، عمق میدان^{۲۳} و... باید گفت که زیبایی نوری و کل مکانیسم دوربین مجازی در فرایند رندر دوباره شبیه‌سازی می‌شود. طبق کتاب جلوه‌های ویژه، تاریخچه و تکنیک^{۲۴}، صلاحیت ذاتی CGI در شبیه‌سازی بهتر چنین سینمایی دلیل اصلی داینامیک‌های دیجیتالی در پارک ژوراسیک (۱۹۹۳) بر نمونه‌های اولیه عروسکی بود (Rickitt, 2000: 125).

سبک‌سازی و قابل قبول بودن

سبک‌سازی می‌تواند به عنوان تعدیل عمدی برخی از جنبه‌های رئالیسم فضایی، سینمایی و شخصیت به خاطر یک ارتباط رسا و مؤثر توصیف شود (Tabatabaei, 2018: 2). استراتژی‌های سبک‌سازی باعث می‌شود تا مخاطب بتواند فعالانه در فرایند معنا سازی مشارکت کند و از این‌رو می‌تواند مؤثرتر از روش‌های فتورئالیسم در ایجاد حس‌پذیری مخاطب باشد.

تعاریف مهم سینمای دیجیتال

در سینمای معاصر اصول فیلم‌سازی دیجیتال به شرح ذیل است:

۱. «اکنون با کمک انیمیشن رایانه‌ای سه‌بعدی می‌توان به جای فیلمبرداری از واقعیت فیزیکی، مستقیماً صحنه‌های فیلم گونه‌ای را در رایانه پدید آورد. بدین ترتیب، فیلم‌برداری زنده نقشش را در حکم یگانه ماده خام ممکن برای تولید فیلم را از دست می‌دهد.
۲. وقتی فیلم‌برداری زنده به صورت دیجیتالی درمی‌آید (یا مستقیماً در فرمت دیجیتال ضبط می‌شود)، رابطه شاخص‌وار خود را با واقعیت مقابل دوربین از دست می‌دهد. رایانه فرق بین این سه را تشخیص نمی‌دهد؛ فرق بین تصویری که با عدسی ترکیب شده با استفاده از نرم‌افزارهای گرافیکی سه بعدی. زیرا تمام آنها از یک ماده، یعنی پیکسل، ساخته و پیکسل‌ها را صرف نظر از اصل‌شان می‌توان به راحتی تغییر

15. Morphing

16. Forrest Gump

17. Paramount Pictures

18. Industrial Light & Magic

19. Cut & Past

10. lens-flare

11. Shaky camera

12. motion-blur

13. depth of fields (DOF)

14. Special effects: the history and technique

دیجیتال میکاپ

واژه گریم^{۲۱} از ریشه لاتین گریمو^{۲۲} گرفته شده است. و گریمو در زبان لاتین به معنی چین و چروک و خطوط چهره است. در زبان فرانسه، گریم به معنای نقش پیرمردی با چهره پر چین و چروک مضحک است (میهن، ۱۳۹۴: ۲). در یونان باستان، تس پیس^{۲۳} نه تنها مبتکر صورتک برای نمایش های تراژدی بود، بلکه اولین هنرمندی بود که در مسابقات نمایش در جشنواره دیونیزوس^{۲۴}، چهره بازیگرانش را با دُرد و برگ درختان آرایش کرد (میهن، ۱۳۹۴: ۴۸).

ظاهر هر فرد تا حدودی نمایانگر باطن اوست. چهره جزئی از ارگانسیم جسم است که در معرض دید قرار دارد. این قسمت بازگو کننده درون و ذات محسوب می شود. تمام سعی و کوشش چهره پرداز این است که ظاهر شخصیت نمایش را با ظاهر چهره بازیگر تلفیق کند. و وظیفه بازیگر آن است که با تلاش، این شخصیت نمایشی را ماهرانه به تماشاگر ارائه دهد.

لان چینی^{۲۵}، بازیگر و پیشگام گریم در سینما به شمار می آید. بیشتر کارهای خود را به عنوان "راز بازیگر" محافظت می کرد (تصویر ۱).



تصویر ۱. جک پیرس در حال انجام گریم هیولای فرانکشتاین بر روی بوریس کارلوف، ۱۹۳۱.

فیلم دیجیتال = رویداد واقعی فیلم برداری شده + نقاشی + پردازش تصویر + کامپوزیت + انیمیشن رایانه ای دو بعدی + انیمیشن رایانه ای سه بعدی.

رویداد واقعی را می توان روی فیلم یا نوار ویدیویی یا مستقیماً در فرمت دیجیتال ضبط کرد. نقاشی، پردازش تصویر و انیمیشن رایانه ای به روندهای تغییری اشاره دارد که در تصویر اجرا می شود و البته به تصاویر جدیدی هم می انجامد. در واقع تمایز بین آفرینش و تغییری که در رسانه های متکی به فیلم خام بسیار آشکار است (فیلم برداری در برابر کارهای مربوط به تاریک خانه در عکاسی، تولید در برابر مرحله پساتولید در سینما) دیگر در سینمای دیجیتال کاربردی ندارد؛ زیرا هر تصویری صرف نظر از اصلش، پیش از تبدیل شدن به فیلم نهایی وارد چند برنامه می شود» (مانوویچ، ۱۳۹۷: ۱۴ و ۱۵) به این ترتیب، سینمای دیجیتال با گفته والتر بنیامین^{۲۰} «در رابطه با فناوری پیوند می خورد. آنچه در دورهٔ تکثیر مکانیکی از دست می رود، هالهٔ اثر هنری ست و به این ترتیب، هنر اساساً از بند (ارزش آینی) رها می شود. «بنیامین، ۱۳۸۷: ۱۲۴) اما سینمای دیجیتال مسیر تجسم ذهنیت و احساس را در قالب عینیت اثر هنری هموارتر کرد، به این ترتیب که امکانات فراوانی را برای انتخاب در اختیار سینماگران قرار می دهد [...] می توان گفت انقلاب دیجیتال و رایانه ای تأثیر شگرفی بر جنبه های مختلف تولید و زیبایی شناسی هنر فیلم گذاشته است. «استفاده فراوان از این منابع رایانه ای و تصاویر متحرک و نرم افزارهای دیجیتال، باعث می شود که نتوانیم وجه تمیز سینما را از انیمیشن بازیابیم (مانوویچ، ۱۳۸۷: ۱۱). همه منابع نام برده (فرایندهای دیجیتال و...)، در راستای نمایش واقعیت قدم بر می دارد و خواستار واقع نمایی هستند تا واقع گرایی. در واقع رئالیسم به معنای نمایش واقعیت در این سینما حضور پررنگ دارد. «سینمای قرن بیست مخصوصاً سینمای داستانی، آن فیلم های زنده و واقعی هستند که عمدتاً شامل رویدادهای فتوگرافیکی می شوند و در فضای فیزیکی واقعی رخ می دهند و هیچ دخل و تصرفی در آنها صورت نگرفته است» (مانوویچ، ۱۳۸۷: ۱۲).

21. Grime
22. Grimo
23. Thespis
24. Dionysos
25. Lon Chaney

20. Walter Benjamin

برای بازیگری را گریم دیجیتال و نوع جدیدی از پروتزیهای می‌داند که آنچنان نازک است که می‌توان همه حرکات بازیگر را از ورای آنها دید (Abramowitz: 2009). استفاده از دیجیتال میکاپ باعث می‌شود تا بازیگر بتواند حرکات پیچیده را ساده‌تر و با تعامل فیزیکی واقع‌بینانه‌تری به مخاطب ارائه دهد. به طور مثال بازیگری که در فیلم باید یک گریم سنگین را انجام دهد تا بتواند در نقش یک گرگینه ظاهر شود، به طور حتم از بازیگری که از دیجیتال میکاپ برای ضبط این روند استفاده کرده است، حرکات کندتری را خواهد داشت و بازی او، مصنوعی‌تر خواهد بود و حرکات پیچیده و تعامل فیزیکی واقع‌بینانه‌ای را به اجرا نخواهد گذاشت. کاهش زمان فیلم‌برداری یکی دیگر از مزایای استفاده از دیجیتال میکاپ است. اگر در سینمای سنتی بازیگر باید ساعت‌ها منتظر می‌ماند تا چهره او گریم شود، و در بیشتر مواقع نیز این گریم‌ها، سنگین و باعث خستگی مفرط بازیگر می‌شد، با ظهور دیجیتال میکاپ این زمان کاهش یافت. دیجیتال میکاپ حتی روند پیری را در فیلم‌ها به تعویق انداخت. در حالی که گریم سنتی بازیگران را برای فیلم‌برداری آماده می‌کند، آماده‌سازی برای گریم دیجیتال، معمولاً با استفاده از نقاط ردیابی بازتابنده روی بازیگر انجام می‌شود تا از اطلاعات حرکتی ضبط شده برای ردیابی و قرار دادن دیجیتال استفاده شود.

در صنعت فیلم‌سازی، دیجیتال میکاپ با پوشیدن گریم یا لباس سازگار با صفحه سبز حاصل می‌شود. بازیگر (ها) در مناطقی که قرار است به صورت دیجیتالی جایگزین یا برداشته شوند، گریم یا لباس می‌پوشند. به محض فیلم‌برداری از صحنه، هنرمندان CGI می‌توانند کارهای خود را مستقیماً بر روی مناطق تحت پوشش سبز ترکیب کنند. این روش در صدها فیلم مانند *فارست گامپ* (پاهای گمشده ستوان دان)، *پرونده عجیب بنجامین باتن* و... استفاده شده است. این تکنیک همچنین می‌تواند در عکس‌های ثابت با برنامه‌های لایه‌لایه مانند *همچون فتوشاپ*^{۲۹} و *یا پینت شاپ پرو*^{۳۰} استفاده شود. سیستم گریم صورت به‌طور خودکار با گریم دیجیتالی مبتنی بر نژاد و رنگ پوست و نوع جنس استفاده می‌شود. یک مزیت عمده این سیستم این است که گریم بر اساس رنگ پوست و نوع جنسیت تعیین می‌کند.

اما اعتبار اصلی شروع گریم در سینما را برای ساخت هیولاها منحصراً به فرد را باید متعلق به جک پیرس^{۲۶} دانست. وی به لطف تغییر چهره بوریس کارلوف^{۲۷} به هیولای فرانکشتاین^{۲۸}، به عنوان اولین گریمور واقعی سینما است. البته وی این ظاهر نمادین را به تنهایی خلق نکرد، بلکه همراه با کارلوف به گریم فرانکشتاین دست یافتند. (تصویر ۲) همواره محدودیت‌هایی برای گریم‌های سخت وجود داشته و دارد. این محدودیت‌ها شامل ماسک‌ها، گریم‌های سنگین، و اعضای مصنوعی بدن می‌شود. با پیشرفت کامپیوترها، این ایده به وجود آمد که از آنها به عنوان گزینه جایگزین استفاده شود و به فیلمسازان این فرصت داده شود تا این جلوه‌ها را به صورت دیجیتالی (چهره‌پردازی دیجیتال) ایجاد کنند. البته این بدین معنا نیست که گریم و طراحی لباس به کل از تولیدات حذف شوند.

دیجیتال میکاپ تکنیکی ترکیبی است که برای تغییر ظاهر بازیگران روی صفحه استفاده می‌شود. خارج از صنعت فیلم‌سازی، این روش در دنیای لوازم آرایشی نیز برای «آزمایش» مدل‌های موی بالقوه، گریم یا لباس استفاده می‌شود. استیون اسپیلبرگ ابزار جدید دیجیتال همچون سایمولکم و فنون انیمیشن دیجیتالی را بر اساس ثبت حرکت



تصویر ۲. شیخ اپرا، لان چینی، ۱۹۲۵.

29. Adobe Photoshop
30. Jasc Paint Shop Pro

26. Jack Pierce
27. Boris Karloff
28. Frankenstein

این فرایندی شبیه پیر شدن پگی کارتر در *سرباز زمستان*^{۳۵} بود. در آن فیلم، جلوه‌های بصری در ابتدا استفاده از پروتز را در نظر گرفته بود، اما آنها را به نفع برنامه آتش کنار گذاشته شد، در نتیجه پروتز مصنوعی برای گردن ایوانز حفظ شد و بقیه صورت او در نرم‌افزار آتش انجام شد و او پیر شد.^{۳۶}

جلوه‌های ویژه

امروزه یکی از بحث‌برانگیزترین حوزه‌ها در سینما، مقوله جلوه‌های بصری دیجیتال است. اتفاقاتی که درون رایانه خلق می‌شوند و به شکلی واقع‌نمایانه در معرض نگاه مخاطب قرار می‌گیرد. «سینمای دیجیتال از منطقی «پیوسته» برخوردار است که از درک بشر از مقوله فضا فراتر می‌رود (نه انسان و نه دوربین مادی نمی‌توانند از میان دیوارها عبور کنند). یک چنین تعریفی، بر مفهومی هستی‌شناختی دلالت می‌کند مبنی بر اینکه جهانی که به طور دیجیتال مشاهده می‌شود، جهانی است که در آن تمام نقاط یکسان، برابر و مشابه هستند، همانند درک «دموکراتیک» ریمان از فضا (گرین، ۲۰۰۰: ۲۳۱)، یا آنچه که استیون شاورو آن «تشابه و برابری میان عناصر [سینمای دیجیتال]» (شاورو، ۲۰۱۰: ۷۷) می‌نامد (براون، ۱۳۹۸: ۱۱۹). جلوه‌های بصری^{۳۷}، مربوط به عملیاتی است که در مرحله پس از تولید به منظور اجرا یا تکمیل جلوه‌های تصویری به کار می‌رود که خود به دو بخش متفاوت تفکیک می‌شود: جلوه‌های بصری ایتکال^{۳۸} که در لابراتوارها صورت می‌گیرد و جلوه‌های بصری دیجیتال که در رایانه انجام می‌شود. امروزه به‌کارگیری ترفندهای لابراتواری، به دلایل بسیار از جمله افت کیفیت، تکرارپذیری پایین، و مشکلات فراوان دیگر بسیار محدود شده و رایانه با قابلیت‌های گسترده جایگزین آن شده است.

چارچوب نظری

دیجیتال میکاپ و عناصر آن

تکنیک‌هایی که در دیجیتال میکاپ استفاده می‌شود می‌توان از تکنیک‌های ذیل نام برد:

۱. تصاویر تولید شده توسط رایانه، یا CGI که پرکاربردترین

یکی از زیباترین صحنه‌های گریم دیجیتال در سال‌های اخیر، صحنه پیر شدن کریس ایوانز در فیلم *انتقام جویان: پایان بازی* است (تصویر ۳).

برای دستیابی به جست‌وجوی مناسب «پیری استیو راجرز» باید تعدادی از پارامترها را دنبال کرد. تحول دیجیتال و پروتز وی هنوز باید شبیه او و در عین حال باید در راستای شخصیت او بود [...] کلاوس^{۳۱} گفت: «من فکر می‌کنم سن فنی که ما با آن به وجود آوردیم ۱۱۹ ساله بود که در آن زمان می‌توانست باشد، اما با سرم، او قرار بود تقریباً ۸۵ تا ۹۵، جایی در آن محدوده - جوان‌تر از آنچه که انسان عادی به نظر می‌رسید به تصویر بکشد.^{۳۲} البته استیو راجرز هنوز باید فوق‌العاده و قهرمان چشم به نظر می‌رسید. استودیو نمی‌خواست تا مخاطبان برای او متأسف شوند. مخاطب باید او همانند کاپیتان آمریکای جوان می‌پذیرفت، پس او در عین پیری، نباید ضعیف به نظر می‌رسید تا زمان شروع فیلمبرداری در صحنه "استیو راجرز پیر"، ظاهر اصلی تایید شده نهایی نشده بود. با این وجود، تولید به جلو پیش رفت و لگسی افکت^{۳۳} پروتزهای مصنوعی را برای ایوانز تولید کرد. ایوانز سر خود را با کلاه گیس پوشاند. همه چیز از زیر چانه تا یقه پیراهن او مصنوعی است. البته در پایان بیشتر پروتزهای مصنوعی به نفع ساخت در نرم‌افزار آتش^{۳۴} کنار گذاشته شد.



تصویر ۳. انتقام جویان: پایان بازی، پیری کریستن ایوانز، برادران روسو، ۲۰۱۹.

35. Captain America: The Winter Soldier

36. www.vfxvoice.com/the-biggest-vfx-trend-making-actors-younger-and-older

37. Visual Effect

38. Optical visual Effect

31. Claus

32. <https://boldentrance.com/lola-vfx-chris-evans-old-captain-america>

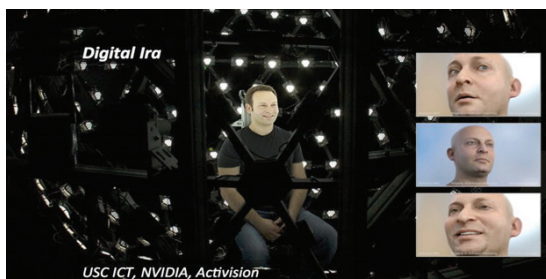
33. Legacy Effects

34. Flame

شد و با وضوحی که هرگز او را در یک نمای کاملاً بسته نشان نداد. ایرای دیجیتال، یک سر (از گوش تا گوش) انسان واقعی به صورت ریئل تایم و با وضوح بالا معرفی شد که می‌توانست از هر زاویه دیدی و با هر نورپردازی مشاهده شود و همچنین به شکل واقع‌گرایانه‌تری می‌توانست از پرفورمنس کپچرهای ضبط شده قبلی حتی در یک نمای بسیار بسته اجرا کند. (تصویرهای ۴ و ۵)

موشن کپچر^{۴۷}

استفاده از موشن کپچر برای انیمیشن شخصیت‌های رایانه‌ای نسبتاً جدید است و از اواخر دهه ۱۹۷۰ آغاز شده و اکنون فقط شروع به گسترش می‌کند. ضبط حرکت بدن انسان (یا حرکت دیگر) برای تجزیه و تحلیل و پخش فوری یا تأخیری است [...] ایده کپی برداری از حرکت انسان برای شخصیت‌های متحرک البته جدید نیست. برای جلب نظر متقاعد کننده برای شخصیت‌های انسانی در سفید برفی،



تصویر ۴. آری شاپیرو در استیج لایت، پروژه ایرای دیجیتال، ۲۰۱۳.



تصویر ۵. ایرای دیجیتال، ۲۰۱۳.

تکنیکی است که برای تصاویر گرافیکی رایانه به کار می‌رود.

۲. عکاسی کنترل حرکت^{۴۹}: عکاسی کنترل حرکت یک تکنیک VFX است که در عکاسی حرکتی است که امکان کنترل و تکرار دوربین را فراهم می‌کند. این شامل فیلمبرداری از عناصر مختلف با استفاده از همان حرکت دوربین و در نهایت، ترکیب این اجزا در یک تصویر واحد است.

۳. موشن کپچر

۴. کروماکی

لایت استیج

سیستم‌های لایت استیج^{۴۰}، نمونه‌ای از همکاری دانشگاه، ارتش و صنعت سرگرمی است. ساخت شخصیت‌های مجازی واقع‌نما از طریق لایت استیج، هدف اصلی ICI است.

لایت استیج، نامی برای یک سری گنبد های کروی روشن است که توسط پل دبوک و تیمش ابداع شده است. در ابتدا، تمرکز بر روی دوباره نوردهی و در مرحله پس تولید بود، سپس در مرحله ضبط اجرا، بافت و هندسه به شکل پیشرفته‌تری تغییر یافت و گنبد ها از حالتی که می‌شد در آن نشست به حالتی رسید که می‌توان در آن دوید.

تیم ICT در سال ۲۰۱۳ یک سر دیجیتالی زنده ریئل تایم به نام «ایرا»^{۴۱} را با همکاری اکتیویژن^{۴۲} و انویدیا^{۴۳} در سیگراف^{۴۴}، کنفرانس سالانه گرافیک کامپیوتری رونمایی کرد. در سال ۲۰۰۸ با تحقیقات تیم ICT و عملیات شرکت ایمج متریکس^{۴۵}، پروژه امیلی دیجیتالی^{۴۶}، مجموعه‌ای از حالت بیانی صورت با وضوح بالا را به نمایش گذاشت که در لایت استیج، اسکن شده بود و می‌توانست بر روی یک شخصیت متحرک‌سازی شده واقع‌گرایانه دیجیتال بارگذاری شود. امیلی دیجیتال تنها به عنوان یک صورت، رندر (۱) گرفته شد و این کار با یک رندر آفلاین و نه ریل تایم، انجام

39. Motion Control Photography

40. Light Stage

41. Ira

42. Activision

43. NVIDIA

44. SIGGRAPH

45. Image Metrics

46. The Digital Emily Project

این محدودیت‌ها، تقریباً همه موارد استفاده از سیستم‌های ردیابی نوری امروزه به روش‌های پس از پردازش برای تجزیه و تحلیل، پردازش و تمیز کردن داده‌ها قبل از اعمال آنها بر کامپیوتر متکی هستند.

در سال ۱۹۸۳، گینزبرگ و ماکسول در MIT، ماریونت گرافیکی^{۵۱} را ارائه دادند، سیستمی برای «فیلمنامه توسط تصویب» - با اجرای حرکات، یک انیمیشن اسکرپت می‌گیرد. این سیستم از سیستم‌های ضبط حرکت نوری اولیه به نام Op-Eye استفاده می‌کرد که به ال‌ای‌دی‌های توالی شده متکی بودند. آنها یک لباس موشن کپچر را ال‌ای‌دی‌های روی مفاصل و سایر نشانه‌های آناتومیک سیم کشی کردند. دو دوربین با ردیاب‌های عکس مخصوص، موقعیت دو بعدی بر روی هر ال‌ای‌دی را در زمینه‌های دید خود برمی‌گردانند. سپس رایانه با استفاده از اطلاعات موقعیت از دو دوربین، مختصات جهان سه‌بعدی را برای هر ال‌ای‌دی بدست آورد[...]. سرعت پایین ارائه کاراکترها و هزینه سخت‌افزار ضبط حرکت بزرگ‌ترین سد راه استفاده گسترده از این فناوری برای تولید انیمیشن بود. با این وجود، از آن زمان به بعد، ارائه سخت‌افزار به میزان قابل توجهی افزایش یافته و روش‌های استفاده شده در پروژه ماریونت گرافیکی بیشتر برای انیمیشن شخصیت‌های رایانه‌ای استفاده شد (Ginsberg, Maxwell: 1983: 175).

شخصیت گلوم در فیلم *ارباب حلقه‌ها* پیشرفت بزرگی در زمینه موشن کپچر بود. برای زنده کردن این شخصیت از تکنیکی فراتر از روتوسکوپ استفاده شد. برای استفاده از نسخه تکامل یافته موکاپ، اندی سرکیس مجبور شد تا با لباس موشن کپچر در لوکیشن و همراه با بازیگران حضور یابد، در حالی که دوربین‌های ویژه نه تنها حرکت خزنده‌وار وی، بلکه پرش‌ها و حالت‌های صورت و چشم‌های گشاد شده و وزغ مانند او را نیز ضبط می‌کردند. همانگونه که گفته شد، فیلمبرداری از شخصیت گلوم بسیار انقلابی بود، زیرا این اولین باری بود که آنها می‌توانستند در لوکیشن فیلمبرداری نمایند. سرکیس به جای فیلمبرداری جداگانه در استودیویی که از فیلمبرداری لایو اکشن گرفته شده بود، قادر به تعامل و پاسخگویی به سایر بازیگران حاضر در صحنه بود.

استودیوهای دیزنی انیمیشن را روی تصاویر فیلم از بازیگران زنده که صحنه‌ها را بازی می‌کنند، ترسیم کردند. این روش که روتوسکوپ نام دارد، از آن زمان با موفقیت برای شخصیت‌های انسانی مورد استفاده قرار گرفت. روتوسکوپ به هیچ‌وجه یک فرایند خودکار نیست و جهت پیچیدگی حرکت انسان برای چرخ کاترین، لازم است تنظیم کلیدها از چند فریم انجام شود. بدین ترتیب، می‌توان روتوسکوپ را به عنوان یک فرم ابتدایی یا پیش درآمد ضبط حرکت در نظر گرفت، جایی که حرکت با زحمت با دست گرفته می‌شود.

در اوایل دهه ۱۹۸۰، تام کالورت^{۴۸}، استاد حرکت‌شناسی و علوم کامپیوتر در دانشگاه سایمون فریزر^{۴۹}، پتانسیومتر (۲)ها را به بدنه متصل کرد و از خروجی برای هدایت ارقام متحرک رایانه‌ای برای مطالعات رقص و ارزیابی بالینی ناهنجاری‌های حرکتی استفاده کرد. به عنوان مثال، برای ردیابی خم شدن زانو، نوعی اسکلت بیرونی را به هر پا بستند، و یک پتانسیومتر را در کنار هر زانو قرار دادند تا با زانو هماهنگ شود. سپس خروجی آنالوگ به فرم دیجیتال تبدیل شده و به سیستم انیمیشن رایانه منتقل می‌شود. سیستم انیمیشن آنها از دستگاه ضبط حرکت به همراه رامش‌نگاری (۳) و مشخصات حرکتی برای مشخص کردن کامل حرکت شخصیت استفاده می‌کرد (Calvert, Chapman, Patla, 1982: 41).

سیستم‌های ردیابی نوری تجاری مانند سیستم‌های Op-Eye و SelSpot مورد استفاده جامعه گرافیک رایانه قرار گرفتند. در اوایل دهه ۱۹۸۰ گروه MIT و هم آزمایشگاه گرافیک رایانه‌ای موسسه فناوری نیویورک^{۵۰} ردیابی نوری بدن انسان را آزمایش کردند. ردیاب‌های نوری معمولاً از نشانگرهای کوچک متصل به بدنه - یا ال‌ای‌دی‌های چشمک‌زن یا نقاط منعکس‌کننده کوچک - و مجموعه‌ای از دو یا چند دوربین متمرکز بر فضای عملکرد تشکیل شده بودند. ترکیبی از سخت‌افزار و نرم‌افزار خاص نشانگرهای میدان دید هر دوربین را انتخاب و با مقایسه تصاویر، موقعیت سه‌بعدی هر نشانگر را در طول زمان محاسبه می‌کند. البته این فناوری با انسداد نشانگرها توسط بدن و وضوح دوربین‌ها، به‌ویژه برای توانایی آنها محدود می‌شود.

48. Tom Calvert

49. Simon Fraser University

50. New York Institute of Technology Computer Graphics Lab

51. Graphical Marionette

استفاده فیلمسازان مهیا است، از سیستم مبتنی بر مارکر که نشان‌گرهای فیزیک بازیگران را ردیابی می‌نمایند، تا سیستم‌های بدون نشانگر که از نرم‌افزار استفاده می‌کنند تا حرکت بازیگران را از طریق شناسایی ویژگی‌های خاص یک بازیگر ردیابی نمایند - می‌تواند از دهان تا یک تکه لباس باشد. (تصویر ۷)

کروماکی

کروماکی^{۵۲} روشی است برای مخلوط کردن دو تصویر یا قاب با هم، که در آن یک رنگ (یا یک طیف رنگی کوچک) از یک تصویر برداشته می‌شود (یا شفاف می‌شود)، و تصویر دیگری را در پشت آن نشان می‌دهد. سوژه اصلی در پس زمینه‌ای متشکل از یک رنگ یا طیف نسبتاً باریکی از رنگ‌ها، معمولاً آبی یا سبز، فیلمبرداری یا عکس گرفته می‌شود، زیرا این رنگ‌ها دورترین حالت از رنگ پوست در نظر گرفته می‌شوند. قسمت‌های ویدیو که با رنگ از پیش انتخاب شده مطابقت دارند، فیلم پس زمینه جایگزین می‌شود. این فرآیند معمولاً به عنوان «keying»، «-key» (ing out) یا به سادگی «key» شناخته می‌شود. در حال حاضر از رنگ سبز بیشتر از هر رنگ دیگری به عنوان پس زمینه استفاده می‌شود، زیرا حساسیت سنسورهای تصویر در دوربین‌ها به سبز بیشتر است. بنابراین کانال دوربین سبز حاوی کمترین «نویز» است و می‌تواند تمیزترین کلید/مات/ماسک را تولید کند. علاوه بر این، به دلیل حساسیت بیشتر به سبز در سنسورهای تصویر، برای روشن شدن سبز به نور کمتری نیاز است. رنگ آبی قبل از رایج شدن کلید دیجیتال مورد استفاده قرار می‌گرفت زیرا برای فرآیند نوری ضروری بود، اما به نور بیشتری نسبت به سبز نیاز داشت.

تحلیل فیلم مورد عجیب بنجامین باتن

مورد عجیب بنجامین باتن (۲۰۰۸) فیلمی به کارگردانی دیوید فینچر است. شخصیت اصلی این فیلم الهام گرفته از یک داستان کوتاه اثر اف. اسکات فیتزجرالد^{۵۳} است. فیلم‌نامه این فیلم را اریک راث^{۵۴} نوشته است و برد پیت^{۵۵} و

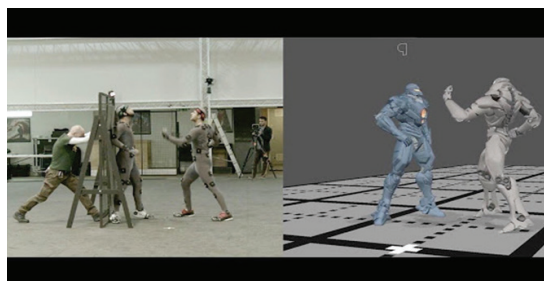
سال ۲۰۰۴م رابرت زمه‌کیس با استفاده از فناوری تازه تکامل یافته برای فیلمبرداری قطار سریع‌السیر قطبی (۲۰۰۴) اقدام کرد. یکی از اولین فیلم‌هایی که به طور کامل با فناوری ضبط عملکرد ساخته شده است. اگرچه این فناوری قبلاً در *ارباب حلقه‌ها* و *جنگ ستارگان* استفاده شده بود، اما هرگز برای خلق یک فیلم کامل مورد استفاده قرار نگرفته بود. فیلم موفقیت متوسطی داشت، اما از جانب بعضی از منتقدان، فیلمی ناخوشایند توصیف شد. شخصیت‌ها تا حدودی واقع‌نمایی شده بودند، اما مشخصاً چشمانی بی‌حالت و بدون روح داشتند، و اصطلاحاً به دره و هم (۴) سقوط کرده بودند.

جیمز کامرون پیشگام یک «دوربین مجازی» بود که به او امکان می‌داد نسخه‌های CGI بازیگران را تماشا کند، در حالی که عملکرد آنها ضبط می‌شد، از طریق یک مانیتور در محیط دیجیتال پاندورا پخش مستقیم می‌شد. این فناوری، علاوه بر لباس‌های موشن کپچر این فناوری را به سطح کاملاً جدیدی رساند و سه جایزه اسکار برای کامرون به ارمغان آورد. (تصویر ۶)

پس از موفقیت آواتار، میکاپ به تکامل خود ادامه داده است. اکنون انواع مختلفی از موشن کپچر برای



تصویر ۶. آواتار، جیمز کامرون، ۲۰۰۹.



تصویر ۷. موشن کپچر، حاشیه اقیانوس آرام، ۲۰۱۸.

52. Chroma key

53. Francis Scott Key Fitzgerald

54. Eric Roth

55. Bradley Pitt

کامپیوتری از سر براد که سن و سالش متناسب با بنجامین بود، بر روی سر تنظیم و سپس تصویر این سر کامپیوتری روی بدن بازیگر واقعی پیوند خواهد خورد.

بنابراین لازم بود که قهرمان داستان در چندین مرحله از زندگی اش نمایش داده شود، چالشی که فیلم‌های قبلی به صورتی کلاسیک و قانع‌کننده‌ای با پروتز و گریم نمایش داده شدند [...] اریک باربا^{۵۹}، ناظر جلوه‌های بصری، یک مشکل اساسی این روش را، بر اساس فیلم *بنجامین باتن* چنین بیان می‌کند: «مشکل گریم برای نشان دادن کهولت سن، زیاد بودن آن است، [...] همانطور که سن زیاد می‌شود، خصوصیات فیزیکی جسم تقلیل می‌یابند. با افزایش سن پوست شما نازک‌تر و از عضلات شما کاسته می‌شود یعنی همه چیز در حال کاهش یافتن است.» (Duncan 2009: 72) برد پیت، که ایفاگر نقش بنجامین بود، می‌خواست خودش کل مسیر زندگی شخصیت را بازی کند؛ نه این که در چند مقطع سنی ظاهر شود و سپس شخصیت بنجامین را به بازیگران دیگر بسپارد. از این‌رو، لازم بود سن بنجامین را به صورت معکوس از هشتاد سالگی تا نوزادی تغییر دهند و برای تماشاگر مشخص باشد که ظاهرهای متفاوت شخصیت همان برد پیت است و تغییر شکل‌های شخصیت فیلم حول اجرای یک بازیگر اجرا می‌شود.

فینچر نیز در تلاش بود تا از این رویکرد جلوگیری کند، زیرا این روش باعث به وجود آمدن یک اختلال در هویت شخصیتی آن نقش ثابت است. این چالش به دلیل ناهماهنگی بین بدن شخص که در حال رشد است و ظاهر شخص که در حال پیر شدن است، تشدید شد. به همین دلیل، فینچر می‌خواست با شخصیت تولید شده توسط رایانه، یک راه حل جدید برای این مشکل امتحان کند. راهکارهای دیجیتال به اجرای برد پیت و کارگردانی فینچر کمک کرد و باعث شد فیلم *بنجامین باتن* اهمیتی تاریخی یابد. در این راه حل، تصویر برد پیت در پیری فقط بخشی از آن توسط رایانه تولید می‌شود، درحالی‌که بدن متعلق به بازیگر انسانی است، سر کاملاً دیجیتالی ساخته می‌شود و با استفاده از جایگزینی، سر بر روی بدن بازیگر قرار می‌گیرد. (تصویر ۸) در خلال اولین ساعت فیلم، سر برد پیت به صورت دیجیتالی روی بدن سه بازیگر متفاوت جایگزین می‌شود که

کیت بلانشت^{۵۶} بازیگران اصلی آن هستند.

بنجامین در روز پایان جنگ جهانی اول (آتش‌بس ۱۱ نوامبر ۱۹۱۸) و در سن ۸۰ سالگی به صورت یک پیرمرد به دنیا آمد و در حالی که دیگران پیرتر می‌شوند، او هر سال جوان‌تر می‌شود.

بنجامین باتن و دیجیتال

این یک فیلم به سبک پیکارسک^{۵۷} است. به این ترتیب که گذران زندگی یک قهرمان فقیر اما حیله‌گر از بدو تولد تا مرگ را به تصویر می‌کشد و بنابراین می‌توان آن را شبیه به فیلم *فارس‌ت گامپ* دانست.

ایده ساخت این فیلم نزدیک به نیم قرن در هالیوود مطرح بوده است. سازندگان آن در دههٔ ۱۹۹۰ میلادی ساخت پروژه را آغاز کردند. ابتدا قرار بود ران هوارد^{۵۸} کارگردانی آن را به عهده بگیرد، نشستهای متعددی برگزار شد و به شکل جدی به اجرای پروژه فکر شد، ولی در آن زمان به دلیل اینکه پروژه غیر ممکن تشخیص داده شد، مجبور به توقف پروژه شدند. نشان دادن روال معکوس پیر شدن از توان فناوری آن موقع خارج بود. فرم انسانی، به خصوص سر انسان به عنوان یکی از اهداف غایی صنعت سینما بوده و هست.

این پروژه یک‌دهه بعد دوباره شروع به کار کرد، این بار با کارگردانی به نام دیوید فینچر. فینچر ایدهٔ جالبی داشت، او می‌خواست تا شخصیت اصلی فیلم، از گهواره تا زمان مرگ توسط یک بازیگر، بازی شود و همین فکر باعث شد تا روند تولید عوض شود، چون ایده اولیه این بود: برای زمان‌های متفاوت بازیگرهای متفاوت وجود داشته باشد. در نتیجه گروه مجبور شد تا ایده استفاده از گریم سنتی را کنار بگذارد، زیرا گریم‌های برجسته نیز کیفیت لازم را برای این کار نداشتند، به خصوص که بسیاری از نماها باید از نزدیک انجام می‌شد و همچنین گریم روندی افزایشی داشت و به حجم صورت اضافه می‌شد، در حالیکه فینچر می‌خواست برای نشان دادن افزایش سن، شیارهای عمیق روی صورت برد پیت داشته باشد. پس در نتیجه گروه جلوه‌های ویژه تصمیم گرفت تا از تعدادی بازیگر کوچک برای نقش بدن‌های متفاوت بنجامین در مقاطع مختلف زندگی او استفاده کند و یک نسخه

56. Catherine Elise Blanchett

57. Picaresque

58. Ron Howard

59. Eric Barba

شد. روی صورت او از گریم فسفری با استفاده از اسفنج پیاده و با دوربین‌های متعدد فیلم‌برداری شد. (تصویر ۹) این گریم برای ایجاد یک الگویی با کنتراست بالا بر روی پوست است. این الگو لازم است زیرا مواکانتور مبتنی بر تجزیه و تحلیل رایانه‌ای است که تا ۱۰,۰۰۰ نقطه در فضا یعنی موقعیت هر پیکسل را به صورت منفرد در فضای سه بعدی، پشتیبانی می‌کند. جریان پیکسل حتی کوچک‌ترین حرکات را ضبط می‌کند و نسبت به روش‌های ضبط اجرا، که با نشانگرها یا لکه‌های رنگی صورت کار می‌کنند، بسیار دقیق‌تر است.

از مواکانتور برای ایجاد یک پایگاه داده از ۱۷۰ به اصطلاح شکل ترکیبی، نقطه‌های مهم بیان‌کننده حالات صورت که طبق قوانین سیستم برنامه‌نویسی حالات صورت (۵) که توسط پل اکمن^{۶۰} (۱۹۷۸) استفاده شد. به طور خلاصه، این اولین فرایندی بود که برای ثبت چهره در حالات مختلف استفاده شد. آنچه در مورد این روش مسئله‌ساز است، عدم دسترسی به اطلاعات داخل چشم و داخل دهان، یعنی دندان‌ها و زبان است که چندین مدل‌ساز مجبور شدند به صورت دستی و در طی یک ماه به آن اضافه کنند. برای مرحله بعدی یعنی ضبط حرکت در زمان، از یک روش مبتنی بر تصویر استفاده شد. برای ضبط حرکت انیمیشن سه‌بعدی، چهار دوربین وایپر دیجیتال^{۶۱} با وضوح

حرکات فیزیکی بنجامین را از هشتاد سالگی تا شصت سالگی او اجرا می‌کنند. سپس وقتی نمایش فصلی آغاز می‌شود که در آن بنجامین کارگر یک کش است، برد پیت در جایگاه بازیگر کامل مشاهده می‌شود و دیگر فقط سرش جانشین نمی‌شود.

انیمیشن‌سازی رفتار

برای انیمیشن‌سازی فیلم - به عبارت دیگر، برای نمایش رفتار - روش‌هایی از ضبط کردن انتخاب شده است که، الگوهای حالت صورت برد پیت را بر روی صورت تولید شده توسط رایانه نمایش می‌دهد. دو تکنیک به کار گرفته شد که متقابلاً بر هم اثر دارند و همچنین بر یکدیگر تأثیر می‌گذارند. ابتدا مواکانتور، یک روش ضبط حجم که برای تهیه یک پایگاه داده، از حالات سه‌بعدی صورت برد پیت استفاده



تصویر ۸. تعویض سر در بنجامین باتن، دیوید فینچر، (Fluecki-ger, 2009: 11).



تصویر ۹. استفاده از مواکانتور به عنوان یک فرآیند حجمی، مورد عجیب بنجامین باتن، (Flueckiger, 2009: 11).

60. Paul Ekman

61. digital Viper Cameras

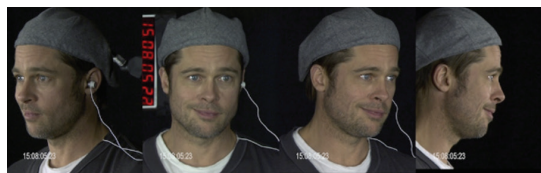
تا به صورت دستی تغییراتی در آن ایجاد شود. انیماتورها بیان کردند که «جایجایی‌های کوچک همانند پلک زدن، در حدود ۱ میلی‌متر، می‌توانست باعث تغییرات چشمگیری در حالت صورت شود، زیرا - همانطور که در بالا ذکر شد - هر بیننده‌ای می‌تواند مفهوم این حالت صورت را به خوبی درک کند» (Flueckiger, 2009: 11). در نمایش کامل بنجامین، فینچر نمی‌خواست فتورنالیسم دقیق را رعایت کند، به همین دلیل، از خصلت ابداعی شخصیت مصنوعی بنجامین سرنخ‌هایی به تماشاگر می‌دهد؛ آن هم با اصرار در جایگزینی نماهای سر که تا حدودی بزرگ‌تر از بدن شخصیت است. این بی‌تناسبی به خصلت از نظر هستی‌شناختی روبه‌زوال بنجامین به وارونگی و محتوم بودن ساعت بیولوژیکی وی اشاره دارد و به تماشاگر اجازه می‌دهد از میزان اندک، اما ضروری فاصله بصری و انتقادی با شخصیت بهره بگیرد. تماشای بنجامین به صورت شخصیتی به ظاهر غیر عادی، یا کسی که سرش را برای بدنی که دارد، بزرگ است، به فرایندی در قضاوت انتقادی منتج می‌شود که در آن می‌توان شخصیت بنجامین را به مثابه شگفت و عجیب و یک ساختار خیالی درک کرد که روایت فیلم را بازگو می‌کند. حکایتی درباره‌ی اینکه مقدر است همه آدم‌هایی را که دوست داریم از دست بدهیم.

سرانجام مدل سه‌بعدی دیجیتال با یک سیستم انیمیشنی وابسته به حالت فیزیکی بدن به نام دینامیک بدن نرم برای ایجاد چین و چروک بر اساس قاعده و تغییر شکل پوست به‌ویژه شُل و ول شدن پوست در پیری، تکمیل شد. به رغم برخی اشکالات، در پرده آخر، فیلم بنجامین باتن نمایشگر قدرت خلاقه و بیانگر ابزار دیجیتال در شکل‌دهی شخصیت‌ها باورپذیر و تصویرگر شیوه‌های نوین بازیگری و اجراست. دست‌اندرکاران فیلم بنجامین باتن مایل بودند، تماشاگران بنجامین را به منزله شخصیتی واقعی، و نه جلوه بصری بپذیرند. چنان که اریک باربا گفته است، «ما نمی‌خواستیم هیچ کس بر اثر بدیهی بودن برخی تکنیک‌های جلوه‌ساز از قصه فیلم فاصله بگیرد» (Duncan 2009: 72). نقش بنجامین را مجموعه‌ای از بازیگران ایفا می‌کنند؛ برخی در جایگاه مجریان بدن او و براد پیت در برخی صحنه‌ها به منزله یک سر و چهره دیجیتال و در بعضی دیگر به صورت بازیگری کامل.

بالا حالات صورت برد پیت را از چند زاویه مختلف ضبط کردند. (تصویر ۱۰)

بعد از هر برداشت، فینچر و پیت زاویه مطلوبی را انتخاب کرده که مناسب حرکات بازیگر و حرکات سر و صورت و گردن و حالت چهره باشد؛ زیرا زبان بدن و اجرای چهره‌ای باید در هماهنگی کامل قرار می‌گرفت. نرم‌افزارهای تحلیل تصویر به انتقال اجرای زنده پیت به مدل دیجیتالی که به بنجامین شباهت داشت، کمک می‌کرد. از آنجا که مراحل گوناگون بازسازی فتورنالیستی چشم‌ها همواره معضلی بزرگ است، یک انیماتور خاص فقط مسئول چشم‌های بنجامین بود. باربا در این باره گفته است، «ما می‌دانستیم که اگر نتوانیم چشم‌ها را به درستی بازسازی کنیم، در صورتی که بقیه بدن ظاهر مطلوبی داشته باشد، باز هم کارمان ناقص می‌ماند. بدون چشم‌ها آن شخصیت دیگر پیت نبود و ممکن نبود، بنجامین باشد.» (Duncan, 2009: 88) اجرای ۳۲۹ نمای جانشین دیجیتالی از سر بنجامین مستلزم ردیابی دقیق حرکات و نور بود؛ زیرا هماهنگی سر و بدن برای ترکیب مطلوب ظاهر بنجامین ضرورت داشت.

در ابتدا، برد پیت در نقش بنجامین باتن با هودی آبی، برداشت‌هایی را که توسط پروکسی روی صحنه ضبط شده بود، انجام داد. انیماتورها می‌ترسیدند که برد پیت برای درک این صحنه مجبور باشد ۱۵۰،۰۰۰ بار صحنه ضبط شده را پیش از آمادگی کامل با تمام جزئیاتش، انجام دهد. اما در واقع، پس از دو بار مشاهده، این ضبط را بدون اشکال انجام داد. این فرایند باید به نوعی دوبله تصویری (جایگزینی خودکار حالات ظاهری) تصور می‌شد. همانطور که همیشه در سیستم‌های ضبط کم و بیش خودکار اتفاق می‌افتد یعنی در ابتدا نتایج خیلی با عالی بودن فاصله دارند. هر صحنه فیلمبرداری شده کمی بی‌احساس جلوه می‌کرد، پس نیاز بود



تصویر ۱۰. ضبط تصویر بردپیت با ایمج متریکس، (Flueckiger, 2009: 11).

شکل ظاهری: فرم و پوست

برای ساخت فرم، ابتدا قالبی گچی از سر برد پیت تولید شد که پایه و اساس سه مدل سیلیکونی بود. این مدل‌های سیلیکونی با دست ایجاد شده و مربوط به سه سن مختلف - شصت، هفتاد و هشتاد سال است (Duncan 2009: 83). آنها را رنگ آمیزی کرده و جزئیات مربوط به پوست مانند منافذ پوست و مو به آنها اضافه می‌شود. به این ترتیب، پیش‌بینی فرایند پیر شدن احتمالی برد پیت، دستی به مدل‌ها اضافه شد. شرکت حوزه دیجیتال^{۶۲} مستقیماً یک اسکن سه بعدی از این مدل را نساخت بلکه یک مدل گچی اولیه را برای وارد کردن مدل به حوزه دیجیتال، اسکن کرد. به عنوان بخشی از این فرایند، مدل توسط پرتویی لیزری کاملاً اسکن شده و سطح آن نقطه به نقطه ثبت می‌شود. از آنجایی که اسکن هنوز جزئیات خاصی را در بر نداشت، این جزئیات سپس به عنوان شیدر (۶) در فرایند شکل‌گیری^{۶۳} (تجسد) استفاده شد. پوست انسان همیشه یکی از چالش‌برانگیزترین موادی است که در تصاویر تولید شده توسط رایانه نشان داده می‌شود، زیرا پوست ماهیت نیمه شفاف بودن دارد. اشعه‌های نور به سطح پوست و به لایه‌های عمیق آن نفوذ می‌کنند، جایی که به صورت دسته‌ای پراکنده می‌شوند و مقادیر رنگی از بافت بدن و رگ‌های خونی را به دست می‌آورند (تصویر ۱۱). اگر کسی از این به اصطلاح پراکندگی زیر سطح را حذف کند، پوست مانند گچ به نظر می‌رسد.

در ساده‌ترین شکل، سایه رنگ زدن برای پوست از اجزای متعاقب تشکیل شده است: نگاشت‌های بافت، که توزیع رنگ را تعیین می‌کند؛ نقشه‌برداری‌های جابجایی^{۶۴}، برای تغییرات پوستی در مقیاس کوچک مانند منافذ و چین و

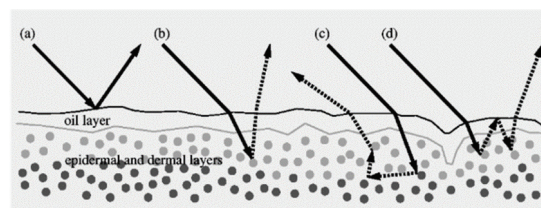
چروک‌ها؛ نقشه‌های آلبیدو (۷)، که قسمت‌هایی از پوست را که منعکس کننده انتشار است و منجر به سفید شدن می‌شود را ثبت می‌کند؛ نقشه‌های بازتاب منظم (۸) برای بازتاب روشنایی؛ نقشه‌های بازتاب برای بازتاب رنگ و نگاشت‌های بافت، برای داده‌های رنگی در زیر لایه خارجی پوست به منظور پراکندگی زیر سطح. (تصویر ۱۲)

این شیدر با عکس‌های صحنه نوری (قفس نورانی) از مدل‌های سیلیکونی کالیبره شده است. واضح است که ساخت فیلم و انیمیشن چگونه به هم پیوسته و جدایی ناپذیر بوده است. روش‌های ضبط مطمئناً یک چارچوب اساسی در این را تشکیل می‌دهند و در اینجا می‌توان ساخت مدل گچی را در حوزه آنالوگ قرار داد. پیچیدگی اساسی ظاهری شخصیت بدون شک به گسترش غالب روش‌های ضبط مربوط است. برد پیت در تمام مراحل کار به عنوان مرجع ضبط‌ها بود. در بیشتر موارد این مرجع بودن، تداوم شخصیت را تضمین می‌کرد. برد پیت به وضوح قابل تشخیص است و در نتیجه این جزئی از فناوری حتی انحصاری هم نیست. (تصویر ۱۳) همانطور که انیمیشن و همچنین مادی سازی و فرم آن نشان داده شده است، روش‌های پیشرفته فناوری فقط ماده اولیه را فراهم می‌کنند. اضافه کردن جزئیات از طریق دست و با بهم پیوند دادن ماهرانه طیف گسترده‌ای از اجزای سازنده، این ماده اولیه می‌تواند تصویری یک دست و زیبا ایجاد کند. فیلم شامل نوعی تغییر اجباری صورت تولید شده توسط



تصویر ۱۲. عناصر سایه زن، مورد عجیب بنجامین باتن (Flueck-iger, 2009: 12).

62. Digital Domain



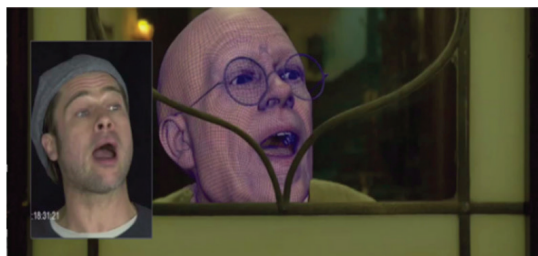
تصویر ۱۱. پراکندگی زیر سطح پوست، (Flueckiger, 2009: 11).

63. materialization

64. displacement maps

تجربی و حرفه‌ای را در تحقیقات پایه دانشگاهی و توسعه شرکت‌های خصوصی مهیا و پدیدار ساخته است. مطالعه منابع و مهارت‌های تولید شده توسط متخصصان جلوه‌های بصری و محققان دانشگاهی نشان‌دهنده فرایندی پر زحمت و چالش‌برانگیز است و اما این تجربه‌گرایی نتایج شایان توجهی در سینمای معاصر همراه داشته است. پیشرفت‌های جلوه‌های ویژه مخصوصاً دیجیتال میکاپ، سبب شده تا در زیبایی‌شناسی و توسعه شیوه‌های بانی فیلم‌ها و نیز انتظارات مخاطب سینما نیز تغییر ایجاد شود و مخاطب دیگر بازگشت به گذشته را نمی‌پذیرد و با ظهور جلوه‌های ویژه قدرتمندتر، جلوه‌های قدیمی‌تر را به راحتی نمی‌پذیرد.

در این پژوهش سعی شد تا جنبه‌های مهم واقع‌گرایی را در دیجیتال میکاپ را در واقع‌گرایی فضایی، سینمایی و شخصیتی مرور شود. باید پذیرفت که واقع‌گرایی و قابل قبول بودن، مفاهیمی هستند که به یکدیگر وابسته هستند و کمک می‌کند تا با کنترل بیشتری به حس منطقی بودن باور کنیم و در عین حال مخاطب را به سمت روش‌های بدیع سوق می‌دهد. فناوری نقش مهمی در طراحی تکنیک‌های تولید به خصوص دیجیتال میکاپ و شکل دادن به نتایج زیبایی‌شناختی و اثرگذاری بر واقع‌گرایی شخصیت‌هایی که به کمک این فناوری، گریم می‌شوند، دارد. جلوه‌های بصری رایانه‌ای همچون دیجیتال میکاپ و البته پیری زدایی از ویژگی‌های مشترک سینمای معاصر هالیوود با دیجیتال میکاپ که برای نامرئی ماندن و ارتقاء زیبایی‌شناسی رنالیستی یک فیلم طراحی شده است، بازیگران را قادر می‌سازد بدون استفاده از لایه‌های سنگین گریم، پروتزها، نقش‌های شخصیت‌های متفاوت را در فیلمنامه‌های مختلف همچون فانتزی، افسانه‌ای و علمی تخیلی بدون هیچ محدودیتی بازی کند به همین دلیل، چنین فناوری‌هایی باعث آزادسازی انیماتورها از رویکردهای واقع‌گرایانه‌ای می‌شود که مکتب فکری طبیعت‌گرایانه به آنها دیکته می‌کند.



تصویر ۱۳. برد پیت، مورد عجیب بنجامین باتن، (Flueckiger, 2009: 12).

رایانه است، که ادغام دامنه دیجیتال در دنیای آنالوگ را به همراه دارد. در کنار این تعامل بدنی، عامل دیگری برای ادغام موفقیت‌آمیز شخصیت دیجیتالی در کنار حفظ انسجام زیبایی‌شناختی آن نهفته است، که از یک سو به تصویر کشیدن پوست با تمام جزئیات آن و از سوی دیگر به انتقال پیچیده نور در صحنه، با استفاده از نورپردازی مبتنی بر تصویر نسبت داده می‌شود. این روش وضعیت نوری را که حتی در حوزه دیجیتال طبیعی به نظر می‌رسد را امکان پذیر می‌کند. در نهایت بنجامین باتن را همانطور که پیتر پلاتنک^{۶۵} در FMX 09 (۹) فرض کرد، می‌توان حدس زد که این شخصیت بر دره وهمی غلبه کرده است.

نتیجه‌گیری

بررسی فیلم مورد عجیب بنجامین باتن نشان می‌دهد که دیجیتال میکاپ با پیشرفت روزافزون نتایج قانع کننده و ویژه‌ای به همراه داشته است. رویکردهایی برای راه حل هر سه مشکل اساسی به نام «ارتباط بین ظاهر و رفتار، پیچیدگی و تعامل» ایجاد شده است. واکاوی دیجیتال میکاپ در پژوهش حاضر نشان می‌دهد که این فناوری زمینه دانشی،

65. Peter Plantec

پی‌نوشت‌ها

۱. رندر: در اصطلاح رایانه‌ای فرایند ساخت یک محصول دیجیتال نهایی از یک نوع داده خاص. این اصطلاح برای گرافیک، ویدئو و صدا به کار می‌رود.
۲. Potentiometer، در الکترونیک، پتانسیومتر یک مقاومت سه پایانه با یک پیوند یا دگمه لغزنده دارای ویرایش برای بخشبندی ولتاژ است. پتانسیومترها بیشتر برای راهبرد دستگاه‌های الکتریکی به کار برده می‌شود.
۳. Labanotation، یک سیستم علامت گذاری برای ضبط و تجزیه و تحلیل حرکت انسان است که از کار رودولف لبان که آن را در کتاب *Schriftanz* (نویسنده

- رقص) در سال ۱۹۲۸ توصیف کرد، مشتق شده است. کارهای اولیه او توسط آن هاجینسون گست و دیگران توسعه یافته و به عنوان یک مورد علامت گذاری رقص و تجزیه و تحلیل حرکت استفاده می شود.
۴. چاله اوهام یا دره وهمی، مرز بین آشنایی و آشنایی زدایی متأثر از متغیرهای متعدد است.
۵. FACS: Facial Action Coding System، سیستمی برای توصیف حالات احساسی صورت انسان است.
۶. Shader شیدرها، به صورت شبکه‌هایی تنظیم می شوند که در آنها چندین عنصر ویژگی‌های مواد را تعیین می کنند، به عنوان مثال توزیع رنگ، تغییرات هندسی در مقیاس کوچک، نحوه انعکاس، جنبه‌های شکست نور و انتشار آن.
۷. Albedo، سپیدایی یا آلبدو به معنی درصد بازتاب نور از سطح یک جسم است. مقادیر این کمیت می تواند از صفر (تاریک مطلق) تا یک (روشن مطلق) تغییر پیدا کند. آلبدو را گاه با درصد و گاه با یک عدد اعشاری کوچک تر از یک نشان می دهند. نسخه‌ای بسیار شبیه به دیفیوز مپ است که فاقد سایه و هایلایت است.
۸. Specularity maps، خاصیت، ظاهر بصری بازتاب‌های خاص است.
۹. کنفرانس FMX هر ساله برخی از خلاق‌ترین و ماهرترین متخصصان انیمیشن، جلوه‌های بصری، بازی، تجسم و آموزش را گرد هم می آورد.

فهرست منابع

- ایونر، راسل (۱۳۸۹)، *فیلمسازی دیجیتال*، ترجمه حمزه ابراهیم‌زاده، تهران: سوره مهر.
- بنیامین، والتر (۱۳۸۷)، *اثر هنری در عصر تکثیر مکانیکی*، ترجمه پیام یزدانجو، تهران: اکران اندیشه، نشر مرکز.
- بودیار، ژان (۱۳۷۴)، *مدرنیته، سرگشتگی نشانه‌ها*، مترجم مانی حقیقی، تهران: نشر مرکز.
- پرینس، استیفن (۱۳۹۸)، *بازیگران و الگوریتم‌ها*، ترجمه مهدی رحیمیان، فصلنامه فارابی، شماره ۸۳، صفحات ۱۴۴ تا ۱۶۹.
- طاهری، آرین (۱۳۹۶)، *کالبدشناسی فیلم: درآمدی به روش‌های کیفی تحلیل فیلم*، تهران: انتشارات سوره مهر.
- عامر مهابادی، علی (۱۳۸۵)، *زیبایی‌شناسی سینمای دیجیتال*، تهران: بنیاد سینمایی فارابی.
- لوگریس، ملکوم (۱۳۸۴)، *سینمای تجربی در عصر دیجیتال*، ترجمه علی عامری مهابادی، تهران: بنیاد سینمایی فارابی.
- ایونر، راسل (۱۳۸۹)، *فیلمسازی دیجیتال*، ترجمه حمزه ابراهیم‌زاده، تهران: سوره مهر.
- بنیامین، والتر (۱۳۸۷)، *اثر هنری در عصر تکثیر مکانیکی*، ترجمه پیام یزدانجو، تهران: اکران اندیشه، نشر مرکز.
- بودیار، ژان (۱۳۷۴)، *مدرنیته، سرگشتگی نشانه‌ها*، مترجم مانی حقیقی، تهران: نشر مرکز.
- پرینس، استیفن (۱۳۹۸)، *بازیگران و الگوریتم‌ها*، ترجمه مهدی رحیمیان، فصلنامه فارابی، شماره ۸۳، صفحات ۱۴۴ تا ۱۶۹.
- طاهری، آرین (۱۳۹۶)، *کالبدشناسی فیلم: درآمدی به روش‌های کیفی تحلیل فیلم*، تهران: انتشارات سوره مهر.
- عامر مهابادی، علی (۱۳۸۵)، *زیبایی‌شناسی سینمای دیجیتال*، تهران: بنیاد سینمایی فارابی.
- لوگریس، ملکوم (۱۳۸۴)، *سینمای تجربی در عصر دیجیتال*، ترجمه علی عامری مهابادی، تهران: بنیاد سینمایی فارابی.
- Abramowitz, Rachel (2009), 'Avatar's Animation Acting', *Los Angeles Times*, 18.
- Carol M. Ginsberg and Delle Maxwell (1983), Graphical marionette, *Proc. ACM SIGGRAPH/SIGART Workshop on Motion*, ACM Press, New York, April, pp. 172-179.
- Darley, A (2000), *Visual digital culture: Surface play and spectacle in new media genres*. Routledge.
- Duncan, Jody (2009), The Unusual Birth of Benjamin Button, *Cinefex*, no. 116, pp.70-99 and 118.
- Duncan, Jody (2010), The Seduction of Reality, *Cinefex*, no. 120, pp. 68-146.
- Ekman, Paul; Friesen, W (1978) *Facial Action Coding System. A Technique for the Measurement of Facial Movement*, Palo Alto: Consulting Psychologists Press.
- Flueckiger, Barbara (2009), Digital Reconstruction of Deceased Persons, paper presented at the *NECS conference* in Lund, June 26, 2009.
- Flueckiger, Barbara (2009), Digital Reconstruction of Deceased Persons, paper presented at the *NECS conference* in Lund, June 26, 2009.
- Greene, Brian (2000), *The Elegant Universe: Superstrings, Hidden Dimensions, and the Quest for the Ultimate Theory*, W. W. Norton & Co Inc; 1st edition (February 1, 1999)
- Prince, Stephen (1996), True Lies: Perceptual Realism, *Digital Images and Film Theory, Film Quarterly*, 49, no. 3., PP. 27-37
- Rickitt, R (2000), *Special Effects: The History and Technique*, New York: Billboard.
- Shaviro, Steven (2010), Post-Cinematic Affect: On Grace Jones, *Boarding Gate and Southland Tales, Film-Philosophy*, Volume 14, Issue 1, February, 2010, pp. 1-102.
- Spiegel, Simon (2010), Wie James Camerons Avatar den Zuschauer in eine fremde Welt entführt, *Mamczak, Sascha/Jeschke, Wolfgang* (Eds.): *Das Science Fiction Jahr* (2010), Munich, pp. 361-388.
- Tabatabaei, Seyed (2018), Plausibility of 3D Characters: Towards a 2nd Uncanny Valley.
- T. W. Calvert, J. Chapman and A. Patla (1982), Aspects of the kinematic simulation of human movement, *IEEE Computer Graphics and Applications*, Vol. 2, No. 9, November, 1982, pp. 41-50.