

Received: 2024/12/10
Accepted: 2025/03/21
Published: 2025/05/22

The uncanny valley phenomenon in computer graphics character reproduction and solutions to overcome it

Mohammad Reza Hosnaee, Professor in department of Animation, Faculty Cinema& Theatre, Iran
University of art, Tehran, Iran.

Abstract

This article reviews the topic of the uncanny valley in order to assess its effects on the perception of characters that currently use computer graphics, animation, and computer simulation. This will be based on an examination of how the uncanny valley problem is produced in live-action film, motion picture, and computer games, the theories of scholars on this subject, and practical solutions to overcome this phenomenon. The question now is what factors play a role in producing the uncanny valley phenomenon? This article aims to find solutions to this problem in film through a descriptive and analytical approach and by studying the factors affecting the production of the uncanny valley phenomenon. The findings of the article indicate that although technological advances have enabled us to produce virtual characters that closely resemble real humans, the lack of sufficient similarity in reproducing natural movements, especially in the faces of virtual characters, has caused unwanted emotions in the audience. The article also confirms that the problem created by the uncanny valley phenomenon can be solved using the methods studied in the article.

Keywords: uncanny valley, computer graphics, motion picture film, computer game

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۰۹/۲۰

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۴/۰۱/۰۱

تاریخ چاپ مقاله: ۱۴۰۴/۰۳/۰۱

محمدرضا حسنائی^۱

پدیده‌ی دره‌ی غیرطبیعی در بازتولید شخصیت‌های گرافیک رایانه‌ای و راهکارهای برون‌رفت از آن

چکیده

این مقاله موضوع دره‌ی غیرطبیعی را به منظور ارزیابی تأثیرات آن بر درک شخصیت‌هایی که در حال حاضر از گرافیک رایانه‌ای، پویانمایی و شبیه‌سازی رایانه‌ای استفاده می‌کنند، بازبینی می‌کند. این امر بر اساس بررسی چگونگی تولید معضل دره‌ی غیرطبیعی در فیلم زنده، تصویر متحرک و بازی رایانه‌ای، نظریات اندیشمندان در این خصوص و راهکارهای عملی برون‌رفت از این پدیده، شکل می‌گیرد. حال سؤال این‌جاست که چه عواملی در تولید پدیده‌ی دره‌ی غیرطبیعی نقش دارند؟ این مقاله بر آن است تا به شیوه‌ی توصیفی و تحلیلی و از طریق مطالعه‌ی عوامل تأثیرگذار بر تولید پدیده‌ی دره‌ی غیرطبیعی به راهکارهای برون‌رفت از این معضل در فیلم دست یابد. دست‌یافته‌های مقاله بیان‌گر این نکته است که هرچند پیشرفت‌های فناوریانه باعث شده‌اند تا قادر باشیم به شخصیت‌های مجازی با شباهت بسیار به انسان واقعی را تولید کنیم اما عدم شباهت‌های کافی در بازتولید حرکات طبیعی به خصوص در صورت شخصیت‌های مجازی باعث ایجاد احساسات ناخواسته در مخاطبین شده است. مقاله همچنین مؤید این نکته است که مشکل ایجادشده از طریق پدیده‌ی دره‌ی غیرطبیعی از روش‌های مورد مطالعه در مقاله قابل حل است.

واژگان کلیدی: دره‌ی غیرطبیعی، گرافیک کامپیوتری، فیلم تصویر متحرک، بازی رایانه‌ای

^۱ استاد تمام گروه تصویرمتحرک، دانشگاه هنر ایران، تهران، ایران.

مقدمه

گزارش‌های رسانه‌ای از دره‌ی غیرطبیعی^۱ (به دره‌ی وهمی هم شناخته می‌شود) در شخصیت‌های مجازی اولین بار پس از انتشار فیلم کامپیوتر گرافیک فانتزی نهایی - ارواح درون^۲ (۲۰۰۱) به کارگردان هیرونوبو ساکاگوچی^۳ ظاهر شدند. از آنجایی که فانتزی نهایی اولین فیلمی بود که کاملاً با استفاده از موشن کیچر^۴ ساخته شد و اولین فیلمی بود که شامل شخصیت‌های مجازی با ظاهری شبیه به انسان بود، انتظارات زیادی در مورد موفقیت بالقوه فیلم و نحوه واکنش مردم وجود داشت. متأسفانه تأثیر فیلم بر مخاطبان (برخلاف انتظارات قبلی) ناامیدکننده بود. شخصیت اصلی فیلم، دکتر آکی راس^۵، به گونه‌ای طراحی شده بود که به عنوان شخصیتی انسان‌مانند و همدل در نظر گرفته شود، اما حرکات تند و حالت غیرطبیعی و محدود چهره او واکنش نامطلوبی را از سوی تماشاگران برانگیخت تا آنجا که به جای اینکه به عنوان جذاب و دوست‌داشتنی تلقی شود، او را ترسناک و عجیب می‌دانستند. همان‌طور که پیتر پلانتهک^۶ بیان کرد، «او به دلیل رفتار نسبتاً نامتعارف و ناهنجار خود که ناشی از ناهنجاری در حالات چهره و گفتار او بود، به طور ناخواسته از نظر بیننده فردی غیرقابل دسترس و بی‌ادب بود. او یک شخصیت کارتونی است که در قالب یک انسان ظاهر شده است. همان‌طور که او حرکت می‌کند، ذهن ما متوجه نادرستی می‌شود و وقتی روی چشم‌ها، دهان، پوست و موهای او تمرکز می‌کنیم، توهم واقعیت را از بین می‌برند. افزودن صدایی که ما می‌شناسیم (مینگ نا^۷) فقط مسائل را پیچیده می‌کند.» (پلانتهک، ۲۰۰۷)

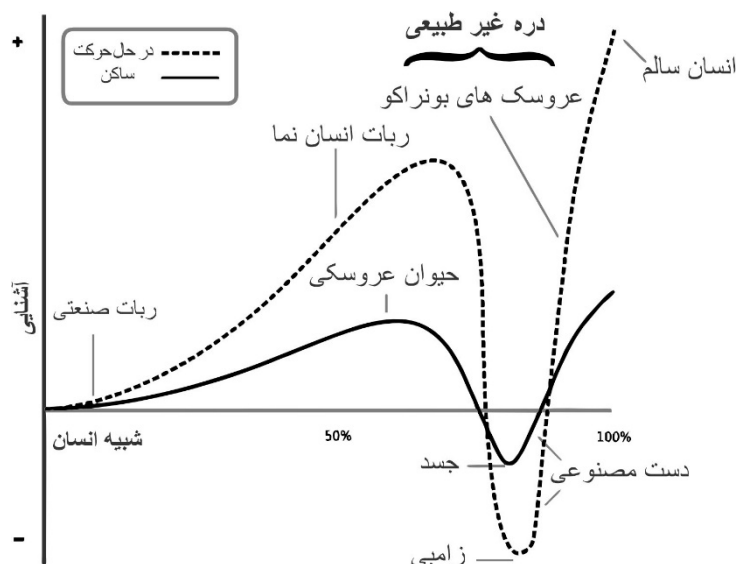


شکل ۱. دکتر آکی راس شخصیت اصلی فیلم فانتزی نهایی - ارواح درون

فیلم فانتزی نهایی - ارواح درون هنوز به عنوان نمونه‌ای نمادین از دره‌ی غیرطبیعی در صنعت فیلم تصویر متحرک رایانه‌ای در نظر گرفته می‌شود.

بررسی نظریه دره‌ی غیرطبیعی

در سال ۱۹۷۰، ماساهیرو موری^۸ نظریه‌ای را در مورد چگونگی واکنش عاطفی انسان به موجودات مصنوعی منتشر کرد. به گفته موری، روبات‌ها را نباید خیلی شبیه انسان‌های واقعی ساخت، زیرا چنین روبات‌هایی می‌توانند به «دره‌ی غیرطبیعی» بیفتند، جایی که درجه‌ی بالای واقع‌گرایی انسانی، حس ناخوشایندی را در بیننده برمی‌انگیزد. موری ربات‌های صنعتی را بر روی نمودار فرضی آشنایی در مقابل ظاهر ترسیم کرد (شکل ۲).



شکل ۲: این نمودار پاسخ عاطفی فرضی افراد انسانی را نشان می‌دهد که در برابر انسان‌سازی یک ربات ترسیم شده است. دره‌ی غیرطبیعی منطقه واکنش عاطفی منفی نسبت به روبات‌هایی است که به نظر «تقریباً انسان» می‌رسند (موری ۱۹۷۰).

برای موجودات، از جمله روایات‌ها، حرکت عموماً نشانه حیات است (موری ۱۹۷۰). همان‌طور که در شکل ۲ نشان داده شده است، افزودن حرکت، شکل دره‌ی غیرطبیعی را با بزرگنمایی قله‌ها و دره‌ها تغییر می‌دهد. برای بازتولید حرکات شبیه انسان، تشابه سرعت و شتاب مورد نیاز است. به طور خلاصه می‌توان چنین بیان کرد که در این پدیده، مردم در پاسخ به ربات‌های انسان‌نما یا شخصیت بازتولید شده در فیلم پویانمایی یا بازی رایانه‌ای که بسیار واقع‌بینانه هستند، احساس ناراحتی یا حتی انزجار می‌کنند.

پدیده دره‌ی غیرطبیعی در فیلم‌های تصویر متحرک

علاوه بر فیلم فانتزی نهایی فیلم تصویر متحرک دیگری که با مشکل دره‌ی غیرطبیعی مواجه شد قطار سریع‌السیر قطبی^۹ ساخته رابرت زمکس^{۱۰} بود که در اواخر سال ۲۰۰۴ به نمایش درآمد. «در قطار سریع‌السیر قطبی تام هنکس» به‌عنوان یک شخصیت مجازی شبیه انسان به نام رهبر ارکستر، که قرار بود به‌عنوان یک شخصیت دوست‌داشتنی و جذاب برای مخاطبان جوان تلقی شود، حضور پیدا می‌کند. با وجود این به‌محض اینکه این شخصیت روی صفحه نمایش رفت، تلاش برای برقراری ارتباط با مخاطب از بین رفت. حرکت رهبر ارکستر به‌صورت عروسکی توصیف شد» (جنکینز، ۲۰۰۴)، و تماشاگران از فقدان شباهت انسانی در حالت چهره او که با ویژگی‌های احساسی سخنان او مطابقت نداشت، انتقاد کردند. حالت چهره‌ی او در هنگام تعامل با دیگر شخصیت‌های کودک در فیلم، حالتی عصبانی و شخصیتی سرد را نشان می‌داد. این شخصیت به‌جای شخصیتی دوستانه و دوست‌داشتنی، به‌عنوان غیردوستانه با رفتاری خشن گزارش شد (جنکینز، ۲۰۰۴). عناوین تحریک‌آمیزی مانند «اکسپرس قطبی: خرابی قطار مجازی» (جنکینز، ۲۰۰۴) ظاهر شد که بیشتر این انتقادات منفی به احساس ناراحت‌کننده‌ای نسبت داده می‌شود که بینندگان با تماشای آواتار تام هنکس تجربه کردند. بر اساس این ارزیابی، قطار سریع‌السیر قطبی اکنون به‌عنوان منادی دره‌ی غیرطبیعی در فیلم پویانمایی کودکان مشهور است. (بک و دیگران، ۲۰۱۲؛ جنکینز، ۲۰۰۴؛ پللیک، ۲۰۱۰)



شکل ۳: تام هنکس و مدل مجازی او در قطار سریع‌السیر قطبی

با وجود تلاش ناموفق قبلی برای ایجاد پاسخ مثبت به شخصیت‌های کامپیوتر گرافیکی، زمکیس تصمیم گرفت در فیلم علمی تخیلی ماجراجویی خود بیولف^{۱۲} که در سال ۲۰۰۷ ساخته شد، از فناوری‌های موشن کپچر بیشتر بهره‌برداری کند. در خصوص این فیلم، زمکیس توضیح داد که دلیل انتخاب مجدد او برای استفاده از موشن کپچر برای بیولف این بود که بازیگران (و شخصیت‌ها) را از محدودیت‌هایی که معمولاً در فیلم برداری زنده باهم تضاد داشتند، رها می‌کرد (بیلینگتون، ۲۰۰۷). زمکیس توضیح داد که موشن کپچر به او این امکان را می‌دهد که بیشتر روی عملکرد بازیگر تمرکز کند و کمتر روی جنبه‌هایی مانند نور، تنظیم دوربین و موهای بازیگر، گریم یا لباس تمرکز داشته باشد. بنابراین، او پیش‌بینی کرد که این روند عملکرد آن بازیگر و در نتیجه تجربه تماشا را بهبود می‌بخشد. «بازیگران از ظلم یک فیلم معمولی‌رهایی یافته‌اند - این یک بازی مطلق است و بازیگران بزرگ، مانند بازیگران این فیلم، از آن لذت می‌برند» (زمکیس به نقل از بیلینگتون، ۲۰۰۷). با این حال، بینندگان به جای افزایش عملکرد بازیگران، از نبود جزئیات در ظاهر و رفتار شخصیت‌های مجازی ناامید شدند. به این ترتیب، در کلوزآپ از چهره‌ی شخصیت‌ها، مخاطب می‌توانست جای خالی این اطلاعات غیرکلامی گمشده را پر کند. در طول صحنه‌های احساسی در طرح، شخصیت‌هایی که باید در آستانه‌ی مرگ عصبانی یا ترسناک به نظر می‌رسند، با عدم شدت و اصالت در حالت چهره‌شان بی‌تحرك به نظر می‌رسند (گلاگر، ۲۰۰۷).

ساخت فیلم‌هایی بر اساس گرافیک کامپیوتری مانند فیلم ماجراهای تن‌تن: راز تکشاخ^{۱۳} (۲۰۱۱)، با کارگردان بلندآوازه‌ای همچون استیون اسپیلبرگ نیز منجر به نتایج مشابه‌ای شد. در انتها آشکار شد که کارگردانان تحسین‌شده‌ای مانند اسپیلبرگ و تیمی متشکل از شصت نفر از انیماتورهای شرکت وتا دیجیتال^{۱۴} نتوانستند از این کار فرار کنند (رابرتسون، ۲۰۱۲). پس از اکران فیلم در سال ۲۰۱۱، گزارش‌های رسانه‌ها بیان کردند که این نمایش تقریباً شبیه انسان از تن‌تن با سر به دره سقوط کرده است و تن‌تن به جای اینکه یک قهرمان باشد، به عنوان مانعی برای فیلم مورد تمسخر قرار گرفت. (رز، ۲۰۱۱؛ بوکانان، ۲۰۱۱؛ بی‌فاس، ۲۰۱۱)

کایل بوکانان، از مجله نیویورک، مشاهده کرد که، در حالی که تن‌تن دوست‌داشتنی و جذاب به نظر می‌رسید، بین وفاداری رفتاری او با ظاهر واقعی انسان مانند او ناسازگاری وجود داشت. تن‌تن به طور هم‌زمان بیش از حد انسان به نظر می‌رسد و انسانی نیست، چهره‌اش به طرز عجیبی جنینی، چشمانش شیشه‌ای و خالی به جای پر بودن از زندگی است. تفاوت کمی بین حالت آرام‌تر تن‌تن - زمانی که او می‌نشست و به آرامی در حال فکر کردن به یک روز کاری خوب با رفیقش، تریر کوچک سفید اسکاتی یا نگاه کردن به نقشه‌های دریایی برای سفر بعدی‌اش بود - و حالت او زمانی که مجبور می‌شد از ساختمان‌های بلند بپرد و سفر با سرعت بالا در خیابان‌های شلوغ مراکش با موتورسیکلت در صحنه تعقیب و گریز سریع. با وجود مواجهه با سناریوهای

خطرناک در فیلم، چهره‌ی تن‌تن به طور کامل ترس یا حداقل هیجان را در پاسخ به این صحنه‌های درام بالا نشان نمی‌داد. «ما با او (تن‌تن) همذات‌پنداری نمی‌کنیم یا از امنیت او نمی‌ترسیم، حتی زمانی که او در خطر است یا کارهای دیدنی انجام می‌دهد» (بیفاس، ۲۰۱۱).

در سینمای ایران هم پدیده‌ی دره‌ی غیرطبیعی در فیلم‌های تصویر متحرک با شخصیت‌هایی بسیار شبیه به انسان واقعی قابل مشاهده است. به عنوان مثال در نبرد خلیج فارس ۲ (۱۳۹۵) به کارگردانی فرهاد عظیمی با شخصیت‌هایی مواجه هستیم که بدنی بسیار شبیه به انسان واقعی را از خود به نمایش درمی‌آورند. از سوی دیگر با بهره‌گیری از فن‌آوری‌های پیشرفته چهره‌های فنوری صورت‌هایی بسیار واقعی و مشابه انسان برای این شخصیت‌ها در نظر گرفته شده است. داستان فیلم به علت نزدیکی به موضوع قهرمانان واقعی دوران دفاع مقدس مورد توجه مخاطبان قرار دارد، اما عدم هماهنگی رفتار شخصیت‌ها با احساسات موجود در چهره آنان نوعی دل‌سردی را به بیننده القاء می‌کند که حاصل آن عدم ارتباط قوی مخاطب با شخصیت‌های فیلم است. در خصوص همراهی مخاطب با شخصیت‌های فیلم می‌توان چنین گفت که: در این جا اتفاقی همانند فیلم‌های فانتزی نهایی یا ماجراهای تن‌تن تکرار می‌شود.



شکل ۴: نبرد خلیج فارس ۲ (۱۳۹۵) کارگردان فرهاد عظیمی

دره‌ی غیرطبیعی در بازی رایانه‌ای

همان‌طور که کارگردانان فیلم زنده مانند زمیکیس و اسپیلبرگ از موشن‌کپچر برای جابه‌جایی مرزهای آنچه می‌توان با شبیه‌سازی واقعیت در تصویر متحرک به دست آورد، استفاده کردند، توسعه‌دهندگان بازی به دنبال افزایش تجربه‌ی بازیکن با پیاده‌سازی این فناوری در زیبایی‌شناسی بازی هستند. دیوید کیج^{۱۵}، مدیر اجرایی شرکت سازنده بازی رؤیای کوانتیک^{۱۶}، چندین پروژه را با هدف فعال کردن درام سینمایی احساسی در بازی‌ها اجرا کرده است. مأموریت کیج با بهره‌برداری از قابلیت‌های سونی پلی‌استیشن ۳ (PS3)^{۱۷} (که در سال ۲۰۰۶ برای عموم منتشر شد) آغاز شد تا چگونگی استفاده از این موتور بازی برای انتقال احساسات انسانی را بررسی کند. موضوع بازی جدید کیج، باران شدید (رؤیای کوانتیک، ۲۰۱۰)، یک فیلم جنایی و هیجان‌انگیز تعاملی بود و به شدت تحت تأثیر تعلیق و احساسات برانگیخته شده در فیلم نوآر بود. کیج در مصاحبه‌ای با جرمی دانهام^{۱۸} از شبکه بازی‌های ایمجینگ گیمز^{۱۹} اظهار داشت که قصد دارد باران شدید نه تنها در رویکرد خود نوآورانه باشد، بلکه تجربه‌ای بدیع، غوطه‌ور و احساسی را برای بازیکن فراهم کند. «ما امیدواریم که زمینه‌های جدیدی را ایجاد کنیم، فرصت‌های جدید را کشف کنیم و یک تجربه احساسی بسیار منحصربه‌فرد ایجاد کنیم» (کیج، به نقل از دانهام، ۲۰۰۶). با این حال، کیج همچنین می‌داندست که تأثیر کامل این درام روان‌شناختی بدون توانایی شخصیت‌ها در به تصویر کشیدن احساسات انسانی متقاعدکننده قابل تحقق نیست (رابینسون، ۲۰۱۲). چالش دیگری که کیج با آن روبه‌رو بود این بود که زیبایی‌شناسی بازی (و حالات

چهره شخصیت‌ها) در زمان واقعی از کنسول PS۳ اجرا می‌شد. در تصویر متحرک، فیلم از قبل اجرا می‌شود و انیماتورهای سه‌بعدی ممکن است از وضوح پیکسل بالای قابل دستیابی روی صفحه استفاده کنند. با این حال، از آنجایی که بازی در زمان واقعی انجام می‌شود، تصاویر در زمان واقعی رندر می‌شوند، بنابراین با تکیه بر قدرت تراشه‌های گرافیکی و قابلیت‌های رندر کنسول آن بازی. به این ترتیب، به دلیل محدودیت‌های فنی مانند منابع سخت‌افزاری و قدرت پردازش؛ سطح واقع‌گرایی به دست آمده در محیط‌های بازی ممکن است کمتر از آنچه در تصویر متحرک به دست می‌آید، باشد (اشکرافت، ۲۰۰۸).

کیچ در تلاش برای متقاعد کردن بازیکن مبنی بر اینکه شخصیت‌های مجازی بازی جدیدش باران شدید انسان هستند، از سیستم کوانتیک دریم ویکن داخلی موشن کپچر^{۲۱}، با دوربین‌هایی با کیفیت بالا استفاده کرد. امید می‌رفت که این فناوری با کیفیت بالا داده‌های تصویربرداری از چهره را با بالاترین دقت، از جمله ظرافت‌های ظریف و کوچک‌ترین جزئیات در حالات چهره شخصیت ارائه دهد. هنگامی که کیچ در ۲۰۰۶ از نمایش فنی بازی با عنوان کستینگ^{۲۲} پرده برداری کرد، جهان اولین نگاه خود را به دستاوردهای PS۳ و تجربه‌ی بازی باران شدید در اختیار بیننده قرار داد. این طرح بر شخصیتی شبیه به انسان به نام مری اسمیت^{۲۳} متمرکز بود که یک روایت شخصی از تأثیر مخرب کشف رابطه‌ی همسرش ارائه کرد. قرار بود روایت دراماتیک مری همدردی مخاطب را برانگیزد، با این حال نقص در حالت چهره او نسبت به هنجارهای انسانی، فقدان همدردی را تا حد دافعه برانگیخت (دوئر، ۲۰۰۷؛ گوسکوس، ۲۰۰۶؛ واکر، ۲۰۰۹). تماشاگران نمی‌توانستند با مری اسمیت همدردی کنند، زیرا حالات چهره‌ی او غیرصادقانه به نظر می‌رسید و با لحن‌های غمگین و نومیدانه صدای او مطابقت نداشت. به علاوه، تمایز بین احساسات مختلف برای بینندگان دشوار بود زیرا یک حالت چهره به طرز عجیبی به حالت بعدی تغییر می‌کرد (دوئر، ۲۰۰۷؛ گوسکوس، ۲۰۰۶).

انسان‌ها تا ۴۳ عضله‌ی صورت دارند که می‌توانند به طور مستقل از یکدیگر یا به صورت هماهنگ برای ایجاد عبارات مختلف حرکت کنند (اکمن و فریسن، ۱۹۷۸). به این ترتیب، مو-کلاه صورت می‌تواند چالش برانگیزتر از ضبط حرکت بدن باشد، زیرا وضوح بیشتر مورد نیاز برای گرفتن و ثبت حرکات کوچک از این عضلات است (ویلیامز، ۱۹۹۰). به عنوان مثال، تا ۳۵۰ نشان‌گر ممکن است بر روی صورت یک بازیگر اعمال شود تا عبارات ظریف‌تری از چشم‌ها و لب‌ها شناسایی شود. این موضوع از این جهت اغراق‌آمیز است که بین شخصیت‌های متحرک با تأثیر از دره‌ی غیرطبیعی در بازی‌های ویدیویی و واکنش عاطفی معمول به جراحی زیبایی ناموفق صورت در انسان مقایسه شده است (تامپسون، ۲۰۰۴، ۲۰۰۵). با وجود ظاهر زیبا و بافت پوست بی‌عیب و نقص، حالت ناهنجار چهره آن‌ها بینندگان را دفع می‌کرد. بینندگان (به جای اینکه به عنوان قهرمان‌هایی در نظر گرفته شوند که بیننده می‌تواند با آن‌ها ارتباط برقرار کند)، از فقدان بیان احساسی شان خشمگین می‌شوند.

نظرات تکمیلی در خصوص دره شباهت‌های غیرطبیعی در تصویر متحرک و بازی

موری در نمودار اصلی خود از دره‌ی غیرطبیعی (شکل ۲) یک انسان را فراتر از شیب دره قرار داد و فرض کرد که برای فرار از دره‌ی غیرطبیعی در انسان‌واره‌ها (آندرویدها)^{۲۴}، ابتدا باید درک کاملی از آن چه ما را انسان می‌کند به دست آوریم. «ما باید شروع به ساختن یک نقشه دقیق از دره شباهت‌های غیرطبیعی کنیم تا از طریق تحقیقات رباتیک بتوانیم درک کنیم که چه چیزی ما را انسان می‌کند». (موری، ۱۹۷۰-۲۰۱۲: ۱۰۰). برای انجام این کار، طراحان باید فراتر از گفتمان طراحی و به رشته‌هایی مانند فلسفه و روان‌شناسی نگاه کنند. از این رو، تمرکز این مقاله فراتر از جنبه‌های طراحی شخصیت است و شامل مطالعات فیلسوفان و روان‌شناسان برای درک بهتر ماهیت انسان و اعمال آن در طراحی شخصیت است. موری (۲۰۱۲/۱۹۷۰) در مقاله‌ی اصلی خود این نظریه را مطرح کرد که ما به توانایی تجربه چیزهای غیرعادی به عنوان هشدار برای خطرات نزدیکی احتمالی

مجهز هستیم. به عبارت دیگر، این توانایی به‌گونه‌ای عمل می‌کند که به ما در مورد خطر در نزدیکی به جای منابع خطر دورتر مانند طوفان و آب‌وهوای خطرناک هشدار می‌دهد. احساس وهم‌انگیز بودن احتمالاً نوعی غریزه است که ما را از منابع نزدیک و نه دور از خطر محافظت می‌کند. منابع نزدیکی خطر شامل اجساد، اعضای گونه‌های مختلف و سایر موجوداتی است که می‌توانیم به آن‌ها نزدیک شویم. منابع دوری خطر عبارت‌اند از طوفان باد و سیل. (ص ۱۰۰)

موری با استفاده از مثالی از جسد به‌عنوان یک شی خطرناک در دره‌ی غیرطبیعی و تداعی آشکاری از مرگ یاد کرد. در این مورد شخصیت‌های غیرعادی نزدیک به انسان ممکن است به‌عنوان یادآوری مرگ خود فرد عمل کنند. این فرض توسط کار تجربی جدیدتر پشتیبانی می‌شود، زیرا عوامل شبیه انسان می‌توانند در ظاهر فیزیکی خود بی‌جان به نظر برسند. نتایج مطالعه‌ای که توسط کارل مک‌دورمن^{۲۴} و هیروشی ایشی‌گورو^{۲۵} در سال ۲۰۰۶ انجام شد، از نظریه موری حمایت کرد و نشان داد که ویژگی‌های خاصی از روبات‌های شبیه انسان می‌تواند نشانه‌ای از مرگ باشد، بنابراین یادآور مرگ در بیننده است. به طور مشابه، شخصیت‌های مجازی مرد مانند انسان، با فقدان حالت چهره ممکن است بیننده را به یاد جسد بیاندازند و احساس ترس ناشی از مرگ و میر اجتناب‌ناپذیر خود را برانگیزند (تینول و همکاران، ۲۰۱۱).

در سال ۲۰۰۹، کترین میسل هورن^{۲۶} فیلسوف و استاد دانشگاه دیدگاه متفاوتی را در مورد غیرطبیعی بودن بر اساس ناتوانی ما در همدلی با عوامل مصنوعی و شبیه انسان ارایه کرد. اگرچه می‌توانیم اشیاء غیرانسانی و بی‌جان را انسان‌سازی کنیم و با آن‌ها همدلی کنیم، اما با افزایش شباهت انسان به یک شخصیت، این محبت کاهش می‌یابد. ما ممکن است ویژگی‌های انسانی و احساسات را به یک ربات اسباب‌بازی مکانیکی نسبت دهیم، اما ممکن است نتوانیم این همدلی را با انسان‌واره‌ای تقریباً شبیه انسان حفظ کنیم (میسل هورن، ۲۰۰۹). پروفسور روانشناسی مارتین هافمن^{۲۷} (۱۹۸۷) همدلی را به‌عنوان «واکنشی عاطفی که برای موقعیت دیگران مناسب‌تر است تا موقعیت خود» توصیف کرد (هافمن، ۱۹۸۷: ۴۸). به عبارت دیگر، همدلی زمانی رخ می‌دهد که ما وضعیت عاطفی فرد دیگری را تشخیص می‌دهیم و به آن پاسخ می‌دهیم. همدلی می‌تواند در پاسخ به نمایش‌های احساسی دیگران مانند حالت چهره، گفتار و حرکات بدن دیگران رخ دهد. بنابراین در صورت دریافت پیام‌ها و نمایش‌های احساسی اشتباه و یا ناقص، ایجاد رابطه‌ی همدلی تا حد زیادی دچار اختلال خواهد شد.

راهکارهای برون‌رفت از دره‌ی غیرطبیعی

پروژه امیلی دیجیتال

در سال ۲۰۰۸، ایمیج متریکس^{۲۸} با مؤسسه‌ی فناوری‌های خلاقانه دانشگاه کالیفرنیا جنوبی آی سی تی در پروژه‌ای ملحق شد که هدف آن عبور از شباهت‌های غیرطبیعی و غریبی بود که چهره‌ای با ظاهر مصنوعی را از یک شخص واقعی، متحرک و رسا جدا می‌کند. (الکساندر و دیگران، ۲۰۱۰). متحرک‌سازی این چهره‌ی دیجیتالی زمینه و محیطی را برای آزمایش رویکردهای نوآورانه و تکنولوژیکی در تصویربرداری سه‌بعدی از چهره و پویانمایی برای تولید یک بازتولید وفادار یک‌به‌یک از عملکرد بازیگر امیلی اوبراین^{۲۹} فراهم می‌کند. اولگ الکساندر^{۳۰}، هنرمند فنی پیشرو در ایمیج متریکس فاش می‌کند که فناوری‌های کلیدی شامل فرآیند اسکن دیجیتال چهره با وضوح بالا با استفاده از سیستم تصویربرداری لایت استیج^{۳۱} و سیستم پویانمایی صورت مبتنی بر ویدیوی ایمیج متریکس است (الکساندر و دیگران، ۲۰۱۰). با توجه به خطر دره‌ی غیرطبیعی، ارایه‌ی پروژه «امیلی دیجیتال» در سیگراف ۹^{۳۲} موفقیت چشمگیری بود. امیلی تقریباً در سراسر جهان پذیرفته شد زیرا ضبط حرکت واقعی و چهره برای اولین بار اعلام شد. این همکاری اولین چهره‌ی دیجیتالی فوتورئالیستی

را به وجود آورد که به طور متقاعدکننده‌ای در نمای نزدیک صحبت کرد و اجرا کرد. پیتز پلانتهک، نویسنده وی اف ایکس ورد^{۳۳} و سرسخت‌ترین منتقد عکاسی از چهره، پس از مشاهده ویدیوی نمایشی امیلی که جامعه‌ی تصویر متحرک را متحیر کرد، اعلام کرد:

این اولین سکانس متحرک انسانی مجازی است که تمام هشدارهای ناخودآگاه من را به طور کامل دور می‌زند. من احساس امیلی را به عنوان یک شخص دارم. تمام ظرافت‌ها در آنجاست... من رسماً اعلام می‌کنم که ایمیج متریکس سرانجام پلی بر روی دره‌ی غیرطبیعی ساخته و ما را به آن طرف آورده است. (پلانتهک، ۲۰۱۳/۲۰۰۷)

چالش دیگری که می‌توانست پروژه را از مسیر خارج کند، پروسه ریگینگ^{۳۴} بود. هاجکینسون^{۳۵} نظریه موری را مجدداً تأیید می‌کند که «اگر یک شخصیت انیمیشنی واقع‌گرایانه به نظر می‌رسد، باید به طور واقع‌گرایانه حرکت کند تا از دره‌ی غیرطبیعی اجتناب کند» (کریستوفرز^{۳۶}). با توجه به این خطر که ابهام را در ادراک بینندگان تشدید می‌کند، اگر حتی کسری از حد مجاز باشد، یکی از پیشرفت‌های این پروژه، توانایی گروه ایمیج متریکس برای ادغام مجموعه اسکن‌های صورت با وضوح بالا توسط آی سی تی و ایجاد یک مدل چهره‌ی متحرک برای امیلی بود.



شکل ۵- تیم شرکت ایمیج متریکس مجموعه‌ای از اسکن‌های صورت با وضوح بالا از بازیگر امیلی اوبراین گرفت و در طی چند ماه یک مدل چهره‌ی متحرک برای امیلی ایجاد کرد.

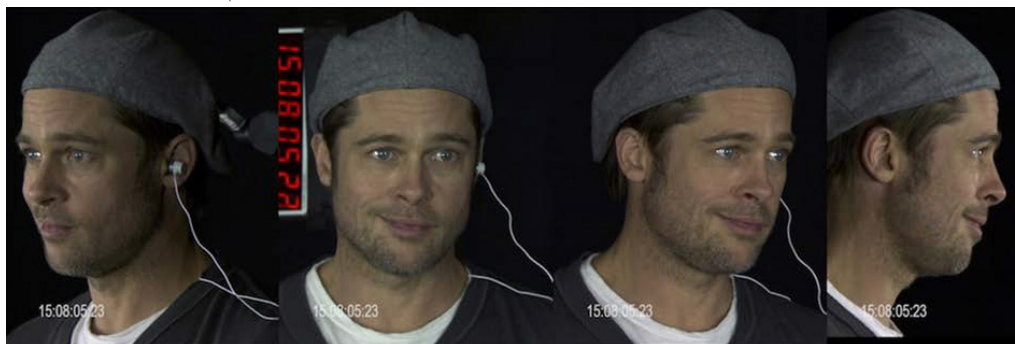
«امیلی» تقریباً به عنوان ویدیویی از یک شخص واقعی پذیرفته شده است. با این نتیجه، واضح است که یک فرآیند حساب شده می‌تواند به هدف ساخت یک بازیگر دیجیتالی که از لحاظ احساسی متقاعدکننده و واقع‌گرایانه باشد، دست یابد، بازیگری که همچنین به طور غیرقابل تشخیصی از یک انسان واقعی حرکت می‌کند. الکساندر سخنانش را چنین به پایان می‌رساند: «آنچه باید انجام شود ساده‌سازی تکنیک‌ها و بررسی بیشتر کاربردهای چنین فناوری‌هایی در کاربردهایی مانند تولید فیلم، سرگرمی‌های تعاملی، شبیه‌سازی و آموزش است» (الکساندر و دیگران، ۲۰۱۰: ۲۹).

ماجرای عجیب بنجامین باتن

ماجرای عجیب بنجامین باتن (۲۰۰۸) به کارگردانی دیوید فینچر^{۳۷}، تمثیلی دلسوزانه درباره گذر معکوس زمان

ارایه می‌دهد. داستان فیلم درباره مردی است که پیر متولد می‌شود و دوران زندگی خود را برعکس طی می‌کند تا به نوزادی می‌رسد. فناوری گریم دیجیتال در اوج واقع‌گرایی بی‌نظیری استفاده می‌شود تا روند پیری معکوس را که قهرمان فیلم با بازی براد پیت^{۳۷} در طول عمر غیرعادی‌اش طی می‌کند، به تصویر بکشد. براد پیت تنها در صورتی موافقت کرد که نقش اصلی را ایفا کند که بتواند در طول زندگی طبیعی بنجامین باتن نقش را بازی کند. ناهماهنگی که پیت احساس می‌کرد تماشاگران با حضور بازیگر دیگری در نقش بنجامین در سنین مختلف تجربه خواهند کرد. برای براد پیت ضروری بود که قوس دگرگونی بنیامین از هشتادسالگی تا بیست‌سالگی تنها با بازی او تثبیت شود، قبل از اینکه بازیگر دیگری برای نوجوانی وارد این نقش شود. یکی از دستاوردهای مهم در عبور از دره‌ی غیرطبیعی، انسانیتی است که در چشمان بنجامین باتن به تصویر کشیده شده است. برای به تصویر کشیدن ظرافت‌های داخل چشم‌ها، از آنجایی که آن‌ها نمی‌توانستند رنگ فسفری را در چشمان پیت بپاشند. یک سیستم چشمی پیچیده‌ی توسعه‌یافته و بر اساس آنچه در بیوولف (۲۰۰۷) آزموده شد، بهبود یافت. اد اولبریچ^{۳۸} روایت می‌کند که هدف این بود که همه روی چشم‌های بنجامین متمرکز شوند. آن‌ها می‌دانستند که اگر تماشاگران می‌توانستند گرما و انسانیت را در چشمان او احساس کنند، موفق می‌شوند براد پیت سالخورده را در آن صحنه تثبیت کرده و مرزهای مسدودکننده توسعه‌های پویا عملکرد دیجیتال را جایگزین کنند. یک انیماتور ویژه برای حدود دو سال تنها وظیفه‌ی کار بر روی چشمان بنیامین را برعهده داشت. مشاهدات و روش‌های دقیق شامل «...مقدار آب در چشم‌ها، ملتحمه^{۳۹} قرمز چشم...» به‌طور جداگانه برای کنترل ترکیب نهایی، نما به نما ارایه شد» (دانکن، ۲۰۰۹)

بنجامین باتن یک مدل کامپیوتری متحرک است، نه یک تصویر عکاسی، اما این مدل از اسکن صورت براد پیت گرفته شده است. بنابراین، اگرچه براد پیت از نظر فیزیکی به‌عنوان یک بازیگر در این سکانس‌ها یا به‌عنوان یک تصویر مشتق شده از عکاسی ظاهر نمی‌شود، تصویر مبتنی بر کامپیوتری که ما می‌بینیم متعلق به اوست.



شکل ۶- براد پیت در حال فیلم‌برداری با چهار دوربین با وضوح بالا به‌عنوان بخشی از فرآیند ضبط عملکرد. فناوری تجزیه و تحلیل تصویر. منبع: fxguide.com، دسامبر ۲۰۰۹

این ما را متقاعد می‌کند که این نسخه‌ی تغییر یافته‌ی سنی از پیت است زیرا رد پای او را دارد. و اگر کسی ترجمه‌ی فضای فیزیکی را به داده‌های باینری بپذیرد، باید بپذیرد که جایگزینی سر پیت به‌طور فیزیکی به‌عنوان یک شاخص به بازیگر متصل است (پرنس، ۲۰۱۲: ۱۵۴). برای به‌دست آوردن درک درستی از نقطه‌ی عطف به‌دست آمده با توجه دقیق به جزییات، ایتی، داواله و پیگین^{۴۰} روشن می‌کنند که «نقش حیاتی تخمین نگاه در تعیین قصد و در تعامل با شرکای اجتماعی، هرگونه عدم دقت در ارایه آن را حتی برای معمولی‌ترین ناظر آشکار می‌کند.» انیماتورهایی که روی «مورد عجیب بنجامین باتن» کار می‌کردند، می‌دانستند که تلاش ماموت‌ها برای از بین بردن این توهم مستلزم متحرک کردن چشم‌های بنجامین است. آن‌ها اظهار داشتند که

جابه‌جایی‌های دقیقه‌ای در موقعیت پلک، به اندازه یک میلی‌متر، می‌تواند بر تغییرات چشمگیر بیان تأثیر بگذارد، زیرا هر بیننده‌ای در رمزگشایی حالات صورت تمرین می‌کند (فلوکیگر، ۲۰۱۱: ۱۱).

فیلم پویانمایی شرک^{۴۱}

از سوی دیگر در دنیای فیلم پویانمایی اکران‌های آزمایشی اولیه‌ی فیلم شرک در پاسخ به شخصیت پرنسس فیونا احساس اضطراب غیرمنتظره‌ای را در کودکان ایجاد کرد. او به سادگی بیش از حد واقعی بود و باعث می‌شد بچه‌ها احساس ناراحتی کنند و حتی ترسیده باشند. درواقع هر وقت که او در صفحه ظاهر می‌شد بسیاری گریه می‌کردند. بر اساس پاسخ‌ها و بازخوردها، سازندگان فیلم قبل از اکران فیلم، ظاهر او را ویرایش کردند تا جلوه‌ای شبیه به کارتون به او بدهند تا جلوی پدیده‌ی دره‌ی غیرطبیعی را بگیرد.^{۴۲}

در سال ۲۰۰۴ دریم ورکس شرک^{۴۳} را به کارگردانی اندرو آدامسون^{۴۴}، کلی آسبری^{۴۵} و کنراد ورنون^{۴۶} منتشر کرد و استودیو دیزنی/پیکسار باور نکردنی‌ها^{۴۷} را به کارگردانی برد منتشر کرد که هر دو به ترتیب در رتبه‌های اول و چهارم در فروش جهانی قرار گرفتند.^{۴۸} درحالی‌که قطار سریع‌السیر قطبی در رتبه پانزدهم قرار گرفت و کمتر از یک سوم از شرک و کمتر از نیمی از باورنکردنی‌ها درآمد داشت. گمانه‌زنی‌های زیادی در مورد دلیل این شکست نسبی توسط کارگردان مشهوری مانند رابرت زمکیس صورت گرفته است، اما می‌توان استدلال کرد که شکست این فیلم‌ها می‌تواند در این واقعیت باشد که شخصیت‌های آن به راحتی در دره عجیب و غریب نشسته‌اند.

نتیجه‌گیری

موری مطرح می‌کند؛ روبات‌ها را نباید خیلی شبیه انسان‌های واقعی ساخت، زیرا چنین روبات‌هایی می‌توانند به دره‌ی غیرطبیعی بیفتند، جایی که درجه‌ی بالای واقع‌گرایی انسانی، حس ناخوشایندی را در بیننده برمی‌انگیزد. با پیشرفت فن‌آوری‌های رایانه‌ای و شکل‌گیری شخصیت‌های گرافیک رایانه‌ای این حس ناخوشایند در تجربه‌های مکرر سینمایی با شخصیت‌های رایانه‌ای متفاوت تکرار شده است و غلبه بر عنصر دره‌ی غیرطبیعی به عنوان یکی از مسایل سینمای نوین مطرح شده است.

برای غلبه بر عنصر بصری دره‌ی غیرطبیعی، شخصیت‌های گرافیک رایانه‌ای باید ویژگی‌های مفهوم معمول شاخص بودن را با فریب دادن مخاطب با نشانه‌های واقعی از محیط عکاسی که شخصیت در آن حضور دارد، حفظ کنند. واقع‌گرایی به خودی خود نه رابطه بیننده با شخصیت را تقویت می‌کند و نه داستان را بهبود می‌بخشد. واقع‌گرایی می‌تواند غوطه‌وری بصری را بهبود بخشد، اما این اتفاق باید بر اساس سبک بصری پذیرفته شده برای شخصیت‌ها هدایت شود و با آن سازگار باشد. با پیشرفت‌های اسکن دیجیتال، ادغام یک انسان با شخصیتی رایانه‌ای از نظر بصری ممکن شده است. در پروژه‌ی «امیلی دیجیتال» امیلی به عنوان یک نسخه‌ی رایانه‌ای از یک شخص واقعی پذیرفته شده است. با این نتیجه، واضح است که یک فرآیند حساب شده می‌تواند به هدف ساخت یک بازیگر دیجیتالی که از لحاظ احساسی متقاعدکننده و واقع‌گرایانه باشد، دست یابد، بازیگری که همچنین به طور غیرقابل تشخیصی از یک انسان واقعی حرکت می‌کند. بدیهی است که چنین روندی برای غلبه بر دره‌ی غیرطبیعی در سینما زنده و سینمای تصویر متحرک نیز ادامه یابد. به نظر می‌رسد که کاری که بر روی بنجامین باتن انجام شد به طور بالقوه تأثیری در دهه‌ی آینده سینمای امروزی خواهد داشت. می‌توان گفت که تیم سازنده‌ی فیلم ماجرای عجیب بنجامین باتن در این زمینه موفق عمل کرده‌اند. راه‌حل‌های دیجیتال عملکرد شخصیت گرافیک رایانه‌ای (بنجامین) را در جلوه‌های بصری به سطح بی‌سابقه‌ای رساند و به همین دلیل، پرونده عجیب بنجامین باتن فیلمی با اهمیت تاریخی است. نکته‌ی مهمی که برای غلبه بر عنصر بصری دره‌ی غیرطبیعی، شخصیت‌های گرافیک رایانه‌ای باید در نظر

داشت هماهنگی بسیار ظریف تمام اجزای صورت با چشمان و نگاه شخصیت است زیرا هر بیننده‌ای در مرحله‌ی اول در رمزگشایی حالات صورت تمرین می‌کند و سپس به سایر اعضای بدن خواهد پرداخت. در فیلم پویانمایی ارایه‌ی جلوه‌ای شبیه به کارتون به جای نزدیک شدن به شخصیت‌های بسیار شبیه به واقعیت می‌تواند گزینه‌ای برای جلوگیری از پدیده‌ی دره‌ی غیرطبیعی باشد.

پی‌نوشت‌ها

1. Uncanny Valley
2. Final Fantasy: The Spirits Within
3. Hironobu Sakaguchi
۴. Motion capture این فناوری به ما این امکان را می‌دهد تا حرکات فیزیکی انسان‌ها، حیوانات و ... را به داده‌های دیجیتال تبدیل کرده و به شخصیت‌هایی در فضایی مجازی منتقل کنیم و آن‌ها را مطابق الگوی واقعی به حرکت درآوریم.
5. Aki Ross
6. Plantec
۷. Ming-Na Wen مینگ-نا ون، زاده ۲۰ نوامبر ۱۹۶۳ یک هنرپیشه و مدل آمریکایی است. او صداپیشگی مولان در فیلم انیمیشن مولان را برعهده داشت و در این بازی ویدیویی نقش مولان را دوباره ایفا کرد.
8. Masahiro Mori (roboticist)
9. The Polar Express
10. Robert Zemeckis
11. Tom Hanks
12. Beowulf
13. The Adventures of Tintin: Secret of the Unicorn
۱۴. Weta Digital: - Wētā FX Weta Digital که پیشتر با نام Weta Digital شناخته می‌شد، یک شرکت جلوه‌های بصری دیجیتال و انیمیشن مستقر در نیوزیلند است. این شرکت توسط پیتر جکسون، ریچارد تیلور و جیمی سلکرک در سال ۱۹۹۳ برای تولید جلوه‌های ویژه دیجیتالی تأسیس شد. این شرکت به تولید برخی از پردرآمدترین فیلم‌های ساخته شده، مانند سه‌گانه ارباب حلقه‌ها و مجموعه آواتار پرداخته است.
15. David Cage
16. Quantic Dream
17. Sony PlayStation 3 (PS3)
18. Jeremy Dunham
19. Imagine Games (IGN)
20. Quantic Dream's in-house Vicon mo-cap system
21. The Casting
22. Mary Smith
23. android
24. Karl F. McDorman
25. Hiroshi Ishiguro
26. Catrin Misselhorn
27. Martin Hoffman
۲۸. Image Metrics یک شرکت موشن کپچر مستقر در بریتانیا (با شعبه‌ای در سانتا مونیکا، لس‌آنجلس) است که فناوری نوآورانه‌ای را ارایه کرد که به زنده کردن نسخه‌ی دیجیتالی امیلی کمک کرد. آن‌ها همچنین در نسخه CG شخصیت برد پیت در فیلم ماجرای عجیب بنجامین باتن همکاری داشتند.
29. Emily O'Brien
30. Oleg Alexander
31. Light Stage USC ICT
۳۲. SIGGRAPH برای صنعت گرافیک کامپیوتری، سازمان حرفه‌ای اصلی SIGGRAPH (گروه علاقه ویژه در زمینه‌ی گرافیک کامپیوتری انجمن ماشین‌های محاسباتی) است. کنوانسیون‌های سالانه عظیم آن ترکیبی از یک نمایشگاه تجاری، یک جشنواره انیمیشن کامپیوتری و یک کنفرانس علمی است که در آن بهترین کار تحقیقاتی جدید ارایه می‌شود.

33. VFX World
۳۴. Rigging فرآیند سه بعدی تنظیم اسکلت درون شخصیت دیجیتالی است که برای هدایت انیمیشن استفاده خواهد شد.
35. Hodgkinson
36. David Fincher
37. Brad Pitt
38. Ed Ulbrich
۳۹. مُلتَجمه به انگلیسی: (Conjunctiva) غشا مخاطی نازک و شفاف است که سطح داخلی پلک‌ها را مفروش کرده و بخش پیشین (قدامی) صلبیه را می‌پوشاند. ملتجمه پشت پلک‌ها و قسمت جلوی صلبیه را پوشانده و در لبه پلک به پوست و در وسط به قرنیه متصل می‌شود. واژه‌ی ملتجمه، مؤنث ملتحم و به معنی لحیم شده، جوش خورده و به هم پیوسته است.
40. Itti, Dhavale and Pighin
41. Shrek
42. York, Jamie. (2010). Hollywood Eyes Uncanny Valley In Animation
43. Shrek 2
44. Andrew Adamson
45. Kelly Asbury
46. Conrad Vernon
47. The Incredibles
48. <http://www.boxofficemojo.com/yearly/chart/?view2=worldwide&yr=2004>

فهرست منابع

- Ashcraft, B. (2008) "How gaming is surpassing the uncanny valley," *Kotaku*. Retrieved November 1, 2013, from <http://kotaku.com/5070250/how-gaming-is-surpassing-uncanny-valley>.
- Beck, A., Stevens, B. K., Bard, A. and Cañamero, L. (2012) "Emotional body language displayed by artificial agents," *ACM Transactions on Interactive Intelligent Systems (TiiS—Special Issue on Affective Interaction in Natural Environments)*, vol. 2, no. 1, pp. 2–29.
- Billington, A. (2007) "From motion capture to 3D: The technology of Beowulf," Firstshowing.net Editorials. Retrieved October 30, 2013, from <http://www.firstshowing.net/2007/from-motion-capture-to-3d-the-technology-of-beowulf/>.
- Beifuss, J. (2011) "The Adventures of Tintin"—a review: Steven Spielberg and the uncanny valley of doom," *The Commercial Appeal*. Retrieved November 1, 2013, from http://blogs.commercialappeal.com/the_bloodshot_eye/2011/12/the-adventures-of-tintin-a-review.html.
- Buchanan, K. (2011) "The biggest problem with the Tintin movie might be Tintin himself," *New York Magazine*. Retrieved November 1, 2013, from http://www.vulture.com/2011/07/the_biggest_problem_with_the_t.html.
- Christophers, Kelly. "Realism in CGI Character Facial Performance: A Comparative Study of the Evolution of Key-Framed Animation and Motion Capture at WETA Digital Studios". MA Research Report. University of the Witwatersrand, Johannesburg, 2011. Print.
- Doerr, N. (2007) "Heavy Rain devs have 'conquered' the Uncanny Valley," *Joystiq*. Retrieved October 31, 2013, from <http://www.joystiq.com/2007/12/18/heavy-rain-devs-have-conquered-the-uncanny-valley/>.
- Duncan, Jody. "The Unusual Birth of Benjamin Button". *Cinefex* (Vol. 116). 2009: 70 - 99. Print.
- Ekman, P. and Friesen, W. V. (1978) *Facial Action Coding System: A Technique for the Measurement of Facial Movement*, Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press.
- Flueckiger, Barbara. *Computer Generated Characters in Benjamin Button and Avatar* (Translated from German by Benjamin Letzle). Harro Segeberg (ed.): *Digitalität und Kino* (2011): 1 - 28. Print
- Gallagher, D. F. (2007) "Digital actors in Beowulf are just uncanny," *New York Times*. Retrieved October 30, 2013, from <http://bits.blogs.nytimes.com/2007/11/14/digital-actors-in-beowulf-are-just-uncanny/>.

- Gouskos, C. (2006) "The depths of the Uncanny Valley," *Gamespot*. Retrieved October 31, 2013, from <http://uk.gamespot.com/features/6153667/index.html>.
- Hodgkinson, Gray (2009) "*The Seduction of Realism*": New Zealand: Massey University, n.d. Print.
- Hoffman, M. L. (1987) "The contribution of empathy to justice and moral judgment," in Eisenberg, N. and Strayer, J. (eds.), *Empathy and Its Development*, Cambridge: Cambridge University Press, pp. 47–80.
- Jenkins, W. (2004) "The Polar Express: A virtual train wreck," The Ward-O-Matic. Retrieved October 31, 2013, from <http://wardomatic.blogspot.co.uk/2004/12/polar-express-virtual-train-wreck.18.html>.
- Misselhorn, C. (2009) "Empathy with inanimate objects and the Uncanny Valley," *Minds and Machines*, vol. 19, no. 3, pp. 345–359.
- Mori, M. 1970. Bukimi no tani (the uncanny valley). *Energy*, 33–35.
- Mori, M. (2012) "The uncanny valley" (MacDorman, K. F. and Kageki, N., trans.), *IEEE Robotics and Automation*, vol. 19, no. 2, pp. 98–100. (Original work published in 1970.)
- Plantec, P. (2007) "Crossing the great Uncanny Valley," *Animation World Network*. Retrieved October 31, 2013, from <http://www.awn.com/articles/production/crossing-great-uncanny-valley>.
- Prince, Stephen. "*Digital Visual Effects in Cinema: The Seduction of Reality*". New Jersey, USA: Rutgers Press, 2012. Print.
- Robertson, B. (2012) "Animation evolution," *Computer Graphics World*, vol. 34, no. 9. Retrieved November 1, 2013, from <http://www.cgw.com/Publications/CGW/2011/Volume-34-Issue-9-Dec-Jan/-2012-Animation-Evolution.aspx>.
- Rose, S. (2011) "Tintin and the uncanny valley: When CGI gets too real," *Guardian*. Retrieved November 1, 2013, from <http://www.guardian.co.uk/film/2011/oct/27/tintin-uncanny-valley-computer-graphics>.
- Thompson, C. (2004) "The undead zone," *Slate*. Retrieved November 1, 2013, from http://www.slate.com/articles/technology/gaming/2004/06/the_undead_zone.html.
- Thompson, C. (2005) "Monsters of photorealism," *Wired*. Retrieved November 1, 2013, from <http://archive.wired.com/gaming/gamingreviews/commentary/games/2005/12/69739>.
- Tinwell, A., Grimshaw, M., Williams, A. and Abdel Nabi, D. (2011) "Facial expression of emotion and perception of the Uncanny Valley in virtual characters," *Computers in Human Behavior*, vol. 27, no. 2, pp. 741–749.
- Walker, S. J. (2009) "A quick walk through uncanny valley," in Oddey, A. and White, C. A. (eds.), *Modes of Spectating*, Bristol, UK: Intellect Books, pp. 29–40.
- Williams, L. (1990) "Performance-driven facial animation," in *Proceedings of the 17th annual conference on Computer graphics and interactive techniques, ACM SIGGRAPH Computer Graphics*, vol. 24, no. 4, pp. 235–242.
- York, Jamie. (2010). Hollywood Eyes Uncanny Valley In Animation