Objects", IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, Vol. 11, No.5, pp. 596-607, September/October (2005).
[28] Yu Zhi-qiang, Horace H.S. Ip, and L.F. Kwok," Robust watermarking of 3D polygonal models based on vertex scrambling", Proc. IEEE Computer Graphics International (CGI'03) Tokyo, Japan, IEEE Computer Society, July, 2003, pp.254-257.
[۲۹] رضا فرید، "ارایه راهکاری جهت ارتقاء مقاومت در نهان¬نگاری مدل¬های سه¬بعدی"، کارشناسی ارشد، فنی و مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۸۵.
[۳۰] رضا فرید و نصرا... مقدم چرکری،" روشی مقاوم در نهان نگاری مدل های سه بعدی مثلثی مبتنی بر میانه"، دوازدهمین کنفرانس بین المللی انجمن کامپیوتر ایران، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران، دانشگاه شهید بهشتی، ۱-۳ اسفند، ۱۳۸۵، pp.265-272 .



رضا فرید با رتبه نخست در مقطع کارشناسی کامپیوتر، گرایش نرم افزار از دانشگاه شهید بهشتی تهران (در شهریور ۱۳۷۹) فارغ التحصیل شد و کارشناسی ارشد خود را در همان رشته و گرایش در دانشگاه تربیت مدرس (در دی ۱۳۸۵) به اتمام رساند. وی از مهر ۱۳۸۶، همکاری خود را با آزمایشگاه سیستم‌های خودکار هوشمند، دانشکده مهندسی، دانشگاه نیوساوث ولز (UNSW) استرالیا آغاز نموده و اکنون نیز به عنوان دانشجوی دکترا در همان دانشکده مشغول به تحصیل می‌باشد. زمینه‌های تحقیقاتی وی شامل بینایی ماشین، شناسایی اشیاء، مدل‌های سه‌بعدی، هوش مصنوعی، نهان-نگاری اطلاعات، سیستم‌های پویا و بهینه‌سازی الگوریتم می‌باشد.



نصراله مقدم کارشناسی خود را از دانشگاه شهید بهشتی (۱۳۶۴) و سپس کارشناسی ارشد (۱۳۷۱) و دکتری (۱۳۷۴) خود را از دانشگاه یاماناشی ژاپن در رشته مهندسی کامپیوتر اخذ نمود. او از سال ۱۳۷۵ به عنوان عضو هیئت علمی گروه کامپیوتر در دانشگاه تربیت مدرس به فعالیت پرداخت. عمده تحقیقات او در حوزه پردازش و بازیابی تصاویر، نهانگاری اطلاعات در حوزه تصویر و ویدئو و مباحث یادگیری و بهینه سازی در شبکه های سنسوری است.

[Downloaded from ijict.itrc.ac.ir on 2024-03-28]

: چرخش، ۲: انتقال، ۳: تغییرمقیاس، ۴: تبدیل مشابهت، ۵: تبدیل‌خطی‌انتقال‌یافته
۶: دسته حمله برش و ۷:ساده‌سازی توری

سپاسگزاری

در این‌جا لازم است از مرکز تحقیقات مخابرات ایران به جهت پشتیبانی مالی این پژوهش (به شماره شناسایی TMU85-10-76) تشکر گردد.

مراجع

[1] Edward Angel,' Computer Graphics', Addison-Wesley, 1990.

[2] Mohsen Ashourian, Reza Enteshari, and Jeonghee Jeon,' Digital watermarking of three-dimensional polygonal models in the spherical coordinate system', Proc. IEEE Computer Graphics International (CGI'04), IEEE Computer Society, 2004, pp.590-593.

[3] Oliver Benedens,' Geometry-Based Watermarking of 3D Models', IEEE Computer Graphics and Applications, Vol. 19, No.1, pp. 46-55, January/February (1999).

[4] Oliver Benedens, and Christoph Busch,' Towards Blind Detection of Robust Watermarks in Polygonal Models', Computer Graphics Forum, Vol. 19, No.3, pp. 199-208, (2000).

[5] F. Cayre, and B. Macq,' Data hiding on 3-D triangle meshes', IEEE Transactions on Signal Processing, Vol. 51, No.4, pp. 939-949, April (2003).

[6] Daniel Cotting, Tim Weyrich, Mark Pauly, and Markus Gross,' Robust watermarking of point-sampled geometry', International Conference on Shape Modeling and Applications, Genova, Italy, IEEE Computer Society, June 7-9, 2004, pp.233-242.

[7] Ingemar J. Cox, M. L. Miller, and J. A. Bloow,' Digital Watermarking', Morgan Kaufman Publishers, 2002.

[8] Thomas Harte, and Adrian G. Bors,' Watermarking 3D models', Proc. IEEE International Conf. on Image Processing, Rochester, NY, USA, 3, Sep. 22-25, 2002, pp.661-664.

[9] Jeonghee Jeon, Sang-Kwang Lee, and Yo-Sung Ho,' A Three-Dimensional Watermarking Algorithm Using the DCT Transform of Triangle Strips', IWDW 2003, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2004, pp.508-517.

[10] JIN Jian-qiu, DAI Min-ya, BAO Hu-jun, and PENG Qun-sheng,' Watermarking on 3D mesh based on spherical wavelet transform', Journal of Zhejiang University Science, Vol. 5, No.3, pp. 251–258, (2004).

[11] A. Kalivas, A. Tefas, and I. Pitas,' Watermarking of 3D models using principal component analysis', Proc. IEEE International Conf. Acoustics, Speech, and Signal Processing, 5, April, 2003, pp.676-679.

[12] Min-Su Kim, Sébastien Valette, Ho-Youl Jung, and Rémy Prost,' Watermarking of 3D Irregular Meshes Based on Wavelet Multiresolution Analysis ', 4th International Workshop Digital Watermarking, LNCS 3710/2005, M. Barni et al. (Ed.), Siena, Italy, pp. 313-324, Springer Berlin / Heidelberg, 2005.

[13] Suk-Hwan Lee, Tae-Su Kim, Seung-Jin Kim, Young Huh, Ki-Ryong Kwon, and Kuhn-Il Lee,' 3D mesh watermarking using projection onto convex sets', Proc. International Conference on Imaging Science, Systems and Technology (CISST '04), Las Vegas, Nevada, USA, Vol. 3, CSREA Press, June 21-24, 2004, pp.1577-1580.

[14] Li Li, David Zhangb, Zhigeng Pan, Jiaoying Shi, Kun Zhou, and Kai Ye,' Watermarking 3D mesh by spherical parameterization', Computers & Graphics (Elsevier), Vol. 28, No.6, pp. 981-989, (2004).

[15] A. Nikolaidis, S. Tsekeridou, Tefas A., and V. Solachidis,' A survey on watermarking application scenarios and related attacks', IEEE Inter. Conf. on Image Processing (ICIP 2001), Thessaloniki, Greece, 7-10 October, 2001, pp.

[16] Ryutarou Ohbuchi, Hiroshi Masuda, and Masaki Aono,' Watermaking three-dimensional polygonal models', Proceedings of the fifth ACM international conference on Multimedia, Seattle, Washington, United States, ACM Press, Addison-Wesley Publishing, November, 1997, pp. 261-272.

[17] Ryutarou Ohbuchi, Hiroshi Masuda, and Masaki Aono,' Data embedding algorithms for geometrical and non-geometrical targets in three-dimensional polygonal models', Computer Communications (Elsevier), Vol. 21, No.15, pp. 1344-1354, (1998).

[18] Ryutarou Ohbuchi, Akio Mukaiyama, and Shigeo Takahashi,' A Frequency-Domain Approach to Watermarking 3D Shapes', Computer Graphics Forum, Vol. 21, No.3, pp. 373-382, (2002).

[19] Ryutarou Ohbuchi, Akio Mukaiyama, and Shigeo Takahashi,' Watermarking a 3D shape model defined as a point set', IEEE International Conference on Cyberworlds, IEEE press, Nov. 18-20, 2004, pp.

[20] Ryutarou Ohbuchi, Shigeo Takahashi, Takahiko Miyazawa, and Akio Mukaiyama,' Watermarking 3D Polygonal Meshes in the Mesh Spectral Domain', Graphics Interface, Ottawa, Canada, June, 2001, pp.

[21] Emil Praun, Hugues Hoppe, and Adam Finkelstein,' Robust Mesh Watermarking', Proceedings of the 26th annual conference on Computer graphics and interactive techniques, ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co., 1999, pp. 49-56.

[22] Vassilios Solachidis, and Ioannis Pitas,' Watermarking digital 3D volumes in the Discrete Fourier Transform domain', IEEE International Conference on Multimedia & Expo (ICME 2005), Amsterdam, The Netherlands, July, 2005 pp.

[23] The Virtual Reality Modeling Language (VRML) Specification, Version 2.0, ISO/IEC WD 14772, August 4, 1996, http://www.graphcomp.com/info/specs/sgi/vrml/spec/

[24] S. Voloshynovskiy, Sh. Pereira, Th. Pun, Eggers J. J., K. Su, and Jonathan,' Attacks on Digital Watermarks: Classification, Estimation-based Attacks, and Benchmarks', IEEE Comm. Magazine, August 2001 (2001).

[25] Min Wu, and Bede Liu,' Attacks and Countermeasures on Known Data Hiding Algorithms', Chapter 9: Multimedia Data Hiding, pp. 151-178, Springer, 2003.

[26] Zhiqiang Yu, Horace H.S. Ip, and L.F. Kwok,' A robust watermarking scheme for 3D triangular mesh models', Pattern Recognition (Pergamon), Vol. 36, No.11, pp. 2603-2614, (2003).

[27] Stefanos Zafeiriou, Anastasios Tefas, and Ioannis Pitas,' Blind Robust Watermarking Schemes for Copyright Protection of 3D Mesh

[Downloaded from ijict.itrc.ac.ir on 2024-03-28]

رشته نهان‌نگاری به منظور گنجاندن در بازه‌ای از مثلث‌های انتخابی گنجانده می‌شود. توزیع رشته نهان‌نگاری روی مجموعه انتخاب شده، شیوه‌ای است که بسیاری از روش‌ها از آن استفاده کرده‌اند. در این روش نیز، در هر

عنصرپایه روش، دو بیت گنجانده می‌شود. در واقع به کمک دوبیت از رشته نهان‌نگاری مشخص می‌شود کدام میانه مثلث و کدام مثلث ناشی از رسم آن میانه باید به مدل افزوده گردد. در بسیاری از روش‌ها، روش استخراج به نوعی معکوس روش گنجاندن بنا می‌شود. روش ارایه شده نیز دو جدول (۲) و (۳) را به منظور گنجاندن و استخراج مطرح کرده است.

حمله مشابهت و حمله تبدیل خطی انتقال‌یافته، دو مجموعه حمله بسیار محتمل هستند. روش اولیه، مبتنی بر میانه و مساحت مثلث ها، در برابر حمله نخست و روش بهبودیافته در این مقاله، مبتنی بر میانه و اندیس رئوس، در برابر هر دو حمله مقاوم است. روش بهبود یافته اگرچه در مرحله استخراج زمان بیشتری را می‌طلبد، با این وجود، مقاومت آن در برابر ترکیب حملات چرخش، تغییرمقیاس، انتقال و کشیدن، یا همان مجموعه حمله خطی انتقال‌یافته، مناسب است. از جمله مشخصه هر دو روش آن است که در مرحله استخراج به مدل اصلی نیازی ندارند. مطابق جدول ۵ مقایسه‌ای روش‌ها و حملات مورد پوشش مشخص است که روش در این خصوص بر کدام روش‌ها برتری دارد. ستون نوع به دو دسته کور و آگاه اشاره می‌کند. در ستون‌های مشخص شده با شماره ۱ الی ۷ به ترتیب مقاومت در برابر حمله چرخش، انتقال، تغییرمقیاس یک‌نواخت، ترکیب سه حمله قبل یا تبدیل مشابهت، تبدیل خطی انتقال‌یافته، دسته حمله برش و ساده‌سازی توری مدنظر قرار گرفته است. در ستون ظرفیت، مشخص شده است که به ازای هر مثلث چند بایت قابلیت گنجاندن دارد و یا کلاً چند بیت در مدل‌ها گنجانده می‌شود. در ستون نهایی نیز نسبت شناسایی هر روش در صورت وجود بیان شده است. مواردی که در روش مربوطه اشاره نشده‌اند با علامت پرسش (؟) مشخص شده‌اند.

انتخاب ترتیب اندیس رئوس به عنوان عامل مرتب‌سازی عناصر موجب شده است که روش در برابر حملاتی که ترتیب رئوس را تغییر می‌دهند، مقاومت کامل نداشته باشد و در برابر سایر حملات جز ساده‌سازی توری و دست-کاری‌های اتصالات، مقاومت از خود نشان دهد. بهبود ارایه شده روی روش نیز در واقع نکته‌ای کلیدی است. اندیس رئوس در برابر بسیاری از حملات اثرپذیری ندارد و لذا کاندیدای مناسبی برای برخی ویژگی‌های محاسباتی می‌تواند باشد.

از جمله کارهای آتی می‌توان به بررسی ارایه راهکار مناسب جهت تعیین هوشمند مثلث‌ها با حفظ شفافیت مدل و بدون نیاز به نظارت کاربر اشاره نمود. همچنین با انتخاب خودکار بازه‌ای در انتخاب مثلث های مرتب شده بر حسب مساحت، می‌توان مقاومت روش نخست را بهبود داد. از آن‌جا که در هر دو روش، گنجاندن به صورت تکراری صورت می‌پذیرد، انتظار مقاومت در برابر حمله برش را می‌توان داشت که بررسی اثر این حمله و نحوه مواجهه با آن نیز می‌تواند به عنوان فعالیت بعدی مطرح باشد.

جدول ۵. مقایسه روش پیشنهادی و چند روش تاکنون ارایه شده

ردیف	نام روش و مراجع	سال	نوع	حوزه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	ظرفیت	نسبت شناسایی
۱	TSQ [16]	۱۹۹۷	کور	فضایی	۱	۲	۳	۴	-	۶	-	۰/۱۸ هر مثلث	؟
۲	TVR [16]	۱۹۹۷	کور	فضایی	۱	۲	۳	۴	۵	-	-	۰/۲۰ هر مثلث	؟
۳	جابجایی نسبت به مرکزمدل [۲۶]	۲۰۰۳	آگاه	فضایی	۱	۲	-	-	-	۶	۷	۵۰ بیت	۰/۵ تا ۱
۴	تغییر فاصله نسبت به مرکز جسم [۲۸]	۲۰۰۳	آگاه	فضایی	۱	۲	۳	۴	-	۶	۷	۵۰ بیت	۰/۵ تا ۱
۵	پارامتری کردن کروی، موجک [۱۰]	۲۰۰۴	آگاه	فرکانس	-	-	-	-	-	-	۷	؟	۰/۸ تا ۰/۹
۶	POA [27]	۲۰۰۵	کور	فرکانس	۱	۲	۳	۴	-	-	-	؟	۰/۹
۷	روش پیشنهادی	۲۰۰۷	کور	فضایی	۱	۲	۳	۴	۵	۶	-	۷۰ بیت پیام، ۰/۲۵ به ازای هر مثلث	۱

[Downloaded from ijict.itrc.ac.ir on 2024-03-28]

در تمام حملات، ۴۵ درجه حول بردار معین (۰/۰، ۰/۶-، ۰/۸-)، فاکتور تغییرمقیاس برای سه حمله اول برابر ۰/۵ و مابقی برابر ۲، دو زاویه کشیدن در روش دوم برای تمام حملات ۷۵ و ۶۰ درجه و برای انتقال در حمله‌های ۱و۴، بردار T1=(0.03,-0.04,0.08)، برای حمله‌های شماره ۲و۵، بردار T2=(3.0,-4.0,2.6) و برای حمله‌های شماره ۳و۶، بردار T3=(5.0,2.0,-8.0) تعریف شده است.

۱-۴ – ارزیابی روش

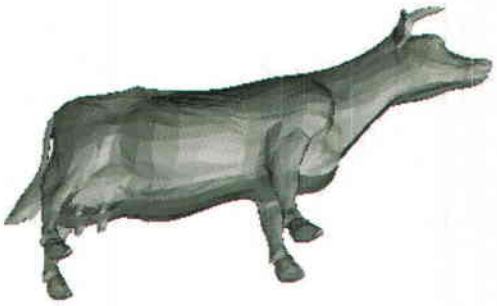
در پایان استخراج ، باید شیوه ای برای تعیین میزان مقاومت روش و توانایی شناسایی آن ارائه داد. همانگونه که در رابطه های (۲ و۳) آمده است ، با مقایسه بیت به بیت پیام استخراج شده و پیام نهان نگاری شده، می توان دقت شناسایی را بدست آورد.در این دو رابطه، $d(\theta)$ بیانگر رشته استخراج شده ، $w(\theta)$ رشته پیام اصلی گنجانده شده است . مقایسه نسبت شناسایی با یک حد آستانه مورد قبول می تواند در اثبات مالکیت بکار برده شود[۱۱; ۲۷]

$$e_w(\theta) = \begin{cases} 1 & if\ (w(\theta) \neq d(\theta)) \\ 0 & otherwise \end{cases}$$ رابطه(۲)

$$D_w = 1 - \frac{card\ \{e_w(\theta)\}}{card\ \{w(\theta)\}}$$ رابطه(۳)



مدل نخست پس از حمله جدید



مدل دوم پس از حمله جدید

شکل ۱. دو مدل نهان‌نگاری شده پس از اعمال حمله

جدول۴ : مقایسه نسبت شناسایی دو روش در شش حمله مختلف

	فاکتور تغییر مقیاس	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۲	۲	۲
	بردار انتقال	T1	T2	T3	T1	T2	T3
	شماره حمله	۱	۲	۳	۴	۵	۶
مدل اول	روش۱	۰/۹۷	۰/۹۷	۰/۹۶	۰/۹۷	۰/۹۷	۰/۹۷
	روش۲	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰
مدل دوم	روش۱	۰/۷۳	۰/۷۵	۰/۷۴	۰/۹۰	۰/۹۱	۰/۷۹
	روش۲	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰

نسبت‌های شناسایی در جدول ۴ با استفاده از روابط ۲و۳ بدست آمده‌اند.

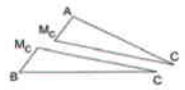
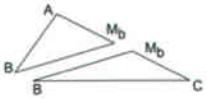
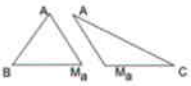
۵-نتیجه‌گیری

در این نوشتار، دو روش جهت نهان‌نگاری مدل‌های سه‌بعدی مثلثی مبتنی بر افزودن مثلثی حاوی میانه مثلث‌ها ارایه شد. در مقایسه با روش‌های دیگر، ایده‌ای که در این مقاله معرفی شده است، پیچیدگی مفهومی برخی روش‌ها به ویژه روش‌های حوزه تبدیل را ندارد. انتخاب میانه از آن نظر اهمیت دارد که میانه به عنوان یک ویژگی مقاوم از یک مثلث است. انتخاب مثلث‌ها جهت گنجاندن یک رشته پیام، مبتنی بر مساحت آن‌ها و ضریبی انتخاب شده توسط کاربر فرض گردیده است تا تقسیم مثلث به دو مثلث منجر به تولید مثلث‌های بسیار کوچک نشود. چرا که در مدل‌هایی با چگالی بالاتر، و مثلث‌هایی با مساحت کمتر، تغییرات بیشتر محسوس خواهند بود. همان‌طور که مشاهده شد، اغلب روش‌ها در عنصرپایه گنجاندن خود نیز ترتیبی خاص را معرفی می‌کنند. در این روش نیز رسم میانه که پایه کار را تشکیل می‌دهد، ترتیب خاصی دارد. در روش اولیه، این ترتیب با بزرگی اضلاع مثلث مشخص می‌شود و به جهت عدم مقاومت آن در برابر حمله کشیدن، در روش بهبودیافته، این ترتیب بر اساس اندیس رئوس مقابل اضلاع پیشنهاد گردیده است.

برخی روش‌ها، علاوه بر رشته نهان‌نگاری، از رشته رمز نیز به منظور افزایش امنیت بهره می‌گیرند. در این روش به منظور ساده‌سازی پیاده‌سازی و با توجه به عدم نیاز روش به چنین امکانی، از رشته رمز استفاده‌ای نشده است.

[Downloaded from ijict.itrc.ac.ir on 2024-03-28]

جدول ۲: نحوه انتخاب راس و مثلث جهت افزودن به مدل

کد	راس	مثلث	شکل
"۰۰"	M_c	ACM_c	
"۰۱"	M_c	BCM_c	
"۱۰"	M_b	ABM_b	
"۱۱"	M_b	BCM_b	
شروع رشته	M_a	ABM_a	

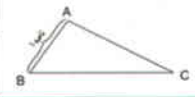
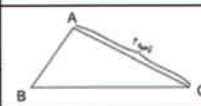
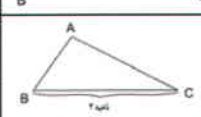
در مرحله استخراج، دو مثلث که در دو راس مشترک باشند و مساحت یکی تقریباً دو برابر مساحت دیگری باشد، مورد بررسی قرار می‌گیرند تا مشخص شود که آیا راس غیرمشترک یکی می‌تواند میانه مثلث دیگری باشد یا خیر. در صورت مثبت بودن پاسخ، دو مثلث، به عنوان مثلث‌های واجد نهان‌نگاری شناسایی می‌شوند.

سپس، برای هر مثلث سه ناحیه در نظر گرفته می‌شود که ناحیه ۱ بیانگر کوچک‌ترین ضلع مثلث و ناحیه ۳ برابر بزرگ‌ترین ضلع مثلثی باشد. این‌که راس غیرمشترک در مثلث کوچک‌تر، میانه کدام ضلع مثلث بزرگ‌تر تشخیص داده می‌شود (که آن را ناحیه میانه می‌توان نامید) و این که کدام ضلع مثلث بزرگ‌تر در ساخت مثلث کوچک‌تر وارد شده‌است (که آن را ناحیه ضلع مشترک می‌توان نامید)، دوبیت نهان‌نگاری شده را بیان می‌کند.

پس از پایان کلیه بررسی‌ها، مثلث‌هایی که حاوی نهان‌نگاری تشخیص داده شده‌اند؛ بر اساس مساحت، مرتب می‌شوند تا مجموعه کُدهای دوبیتی استخراج شده، رشته پیام نهان‌نگاری شده را به صورت تکرار شده ارایه دهند. هر تکرار با "کد شروع" از تکرار بعدی قابل تفکیک خواهد بود.

جدول ۳ نحوه استخراج کد ذخیره شده بر اساس میانه و مثلث را نشان می‌دهد. با مقایسه بیت به بیت پیام استخراج شده با پیام نهان‌نگاری شده، می‌توان مقدار دقت شناسایی را به‌دست آورد

جدول ۳ : نحوه استخراج پیام نهان‌نگاری ذخیره شده بر اساس میانه و مثلث

شکل نواحی	ناحیه میانه	ناحیه ضلع مشترک	دوبیت کد
	۱	۲	"۰۰"
	۱	۳	"۰۱"
	۲	۱	"۱۰"
	۲	۳	"۱۱"
	۳	۱	شروع رشته

۱-۳- روش بهبودیافته مبتنی بر میانه و اندیس رئوس

روش مبتنی بر میانه و مساحت دارای چالش‌هایی است که مهم‌ترین آن، خطای محاسبات ممیزشناور است. این خطا موجب تغییر ترتیب مساحت مثلث‌ها بر اساس حمله مورد استفاده می‌شود؛ به نحوی که ترتیب رشته استخراج شده بهم خورده، نسبت شناسایی کاهش می‌یابد.

از سویی دیگر، همان‌طور که در فرمول (۱)[۱] ، که کشیدن در راستای محور x را نشان می‌دهد، نشان داده شده است، طول اضلاع مثلث ، و در واقع ترتیب گنجاندن درون هر مثلث، در برابر حمله کشیدن مقاوم نیست.

$$x' = x + y\cot\theta + z\cot\phi \qquad \text{(رابطه ۱)}$$
$$y' = y$$
$$z' = z$$

برای بهبود روش، توصیف سطوح در این مدل‌ها را مورد نظر قرار می‌دهیم. از آن جا که هر سطح با اندیس رئوس آن توصیف می‌شود، مرتب‌سازی نزولی این اندیس‌ها می‌تواند عاملی مناسب جهت جایگزینی عامل مساحت و طول اضلاع مثلث در روش شود[۲۹].

از این رو، مطابق روش قبل، در ابتدا مجموعه‌ای از مثلث‌ها انتخاب می‌شوند. این بار، با توجه به مقایسه ترتیب نزولی رئوس توصیف هر مثلث لیست مثلث‌های انتخابی، مرتب می‌شوند تا ترتیب گنجاندن در لیست مربوطه مشخص شود.

در گام بعد، در هر مثلث، فرض می‌شود راس A بزرگ‌ترین اندیس و راس C کوچک‌ترین اندیس را داشته باشد. بر همین اساس و مطابق جدول (۲) می‌توان گنجاندن را سامان‌دهی کرد. جدول (۳) نیز با همین شرایط می‌تواند به منظور استخراج نهان‌نگاری مدنظر قرار گیرد.

۴ - پیاده‌سازی و آزمون روش

در پیاده‌سازی روش، سه برنامه در محیط ویژوال C++ به منظور گنجاندن، حمله به مدل و استخراج پیاده‌سازی گردید. از میان مدل های سه بعدی، دو مدل Beethoven با تعداد ۲۵۲۱ راس و ۵۰۲۸ سطح (مثلث) و Cow با تعداد ۲۹۰۳ راس و ۵۸۰۴ مثلث مدنظر قرار گرفتند. گنجاندن در مدل نخست، ۴۹ بار تکرار و در مدل دوم، بیش از ۷۹ بار تکرار می‌شود.

دو مدل نهان‌نگاری شده، تحت حمله ترکیبی چرخش، تغییرمقیاس، انتقال و کشیدن، که تبدیل خطی انتقال‌یافته نیز نامیده می‌شود، قرار گرفت که حاصل در شکل (۱) ارایه شده است.

در مرحله استخراج نیز، دو مثلث که دو راس مشترک و یک راس غیرمشترک دارند، برای بررسی مرحله بعد انتخاب می‌شوند. نتیجه استخراج روی هر دو مدل، بازیابی کامل تمامی تکرارهای پیام گنجانده شده و در نتیجه نسبت شناسایی یک بوده است. در جدول (۴)، نتایج دو روش اولیه و توسعه‌یافته برای دو مدل مقایسه شده است. برای روش اول، حمله ترکیبی چرخش، انتقال و تغییرمقیاس یک‌نواخت ارزیابی شده است و برای روش دوم، حمله کشیدن نیز به ترکیب حملات افزوده شده است. درجه چرخش

[Downloaded from ijict.itrc.ac.ir on 2024-03-28]

است که باید به مدل افزوده شود و در ستون شکل نیز شکل مثلث‌ها برای فهم بهتر موضوع ارایه شده است.

جدول ۱ : مروری مقایسه ای از تحقیقات مشابه

I: Informed, B: Blind, F.: Frequency, S.: Spatial

Type	Method	Ref. No.	Domain	Name of Attack																				
				Geometrical	rotation	translation	uniform scaling	similarity transform	lossy compression	affine transform	mesh smoothing	mesh simplification	polygon simplification alg.	randomization of vertex coordinations	Cropping	vertex reordering	connectivity reordering	remeshing	introduction of noise	additive random noise	random noise added to vertices	Insertion of other watermarks	Connectivity Altering
B.	Wavelet Multiresolution Analysis	[12]	F.					√	√	√					√			√						
I.	Spectral Analysis	[6]	F.					√		√	√	√			√			√		√				
B.	TSQ	[16]	S.		√	√	√	√							√									
B.	TVR	[16]	S.							√														
B.	TSPS	[16]	S.	√											√									
I.	Mesh Spectral	[20]	F.					√			√				√						√			
I.	Mesh Spectral- Extended	[18]	F.					√			√	√			√									
I.	Mesh Spectral	[18]	F.					√							√			√						
I.	NBE (Normal Bin Encoding)	[4]	S.										√				√	√						
I.	Spread Spectrum	[21]	F.		√	√	√	√			√	√			√	√			√			√		
I.	Spectral Analysis	[19]	F.					√				√			√					√				
I.	EGI	[3]	F.										√	√				√						
B.	POA	[27]	F.					√																
B.	SPOA (Sectional POA)	[27]	F.					√				√												
B.	Principal Component Analysis	[11]	F.	√	√	√	√																	
I.	Spherical Fourier	[14]	F.		√	√	√	√			√				√	√			√					
I.	perturbing the distance of vertices	[26]	S.									√			√						√			
I.	Spherical Wavelet	[10]	F.									√				√			√					
I.	perturbing the distance of vertices	[28]	S.		√	√	√	√			√	√			√	√		√			√		√	
B.	Discrete Fourier Transform magnitude	[22]	F.		√	√	√	√							√					√				
B.	extended TSPS	[5]	S.		√	√	√	√		√														
B.	Projection On Convex Sets	[13]	F.							√		√			√						√			
I.	DCT	[9]	F.						√	√										√		√		
B.	AIE (Affine Invariant Embedding)	[4]	S.							√														
I.	Spherical coordinate	[2]	S.						√	√		√								√				

[Downloaded from ijict.itrc.ac.ir on 2024-03-28]

در مدل گنجانده می‌شود تا مقاومت در برابر حملات برش حاصل گردد. این روش از چند منظر قابل توجه است: تعریف عنصرپایه درشت‌دانه، به‌کارگیری ویژگی متمایزکننده مثلث‌ها، انتخاب ویژگی مقاوم در برابر حمله مشابهت، استفاده از عنصری به منظور شناسایی عنصرپایه گنجاندن، لزوم تصریح ترتیب عناصر گنجاندن، گنجاندن به کمک تغییر موقعیت رئوس مثلث، استفاده از تکرار به منظور مقاومت در برابر برش و استفاده از مدل‌های زبان مدل‌سازی واقعیت مجازی.

روش TVR [۱۶] نیز توری مثلثی به عنوان ورودی می‌پذیرد و در مرحله استخراج به مدل اولیه نیاز ندارد. عنصر پایه گنجاندن در این روش، نسبت حجم یک زوج چندوجهی است. چیدمان این روش توپولوژیکی و یک‌بعدی است. ویژگی مورد استفاده در روش هندسی است و نهان‌نگاری در حوزه فضایی صورت می‌گیرد. از آن‌جا که نسبت حجم دو چندوجهی در برابر تبدیل خطی انتقال‌یافته مقاوم است، این روش نیز، نخستین تلاش در خصوص مقاومت در برابر تبدیل خطی انتقال‌یافته تلقی می‌شود[۴]. استفاده از نسبت حجم دو چندوجهی برای مقاومت در برابر تبدیل خطی انتقال‌یافته، استفاده از چیدمان توپولوژیکی و استفاده از گرانیگاه مثلث به منظور نقطه پایه ساخت احجام موارد قابل توجه در این روش هستند.

روش TSPS [۱۶] نیز مبتنی بر مدل توری بوده که عنصرپایه گنجاندن و دست‌کاری در این روش توپولوژیکی است. عنصر پایه گنجاندن، باریکه نواری از مثلث‌های همسایه است که هر کدام بیتی از اطلاعات را رمز می‌کنند. از موارد حایز اهمیت در این روش می‌توان به استفاده از باریکه مثلثی به عنوان عنصرپایه توپولوژیکی، لزوم تعریف ترتیب برای اضلاع مثلث و مقاومت چیدمان و عنصرپایه توپولوژیکی در برابر حملات هندسی اشاره کرد. در توسعه این روش [۵]، از نسبت دو بخش یک پاره‌خط به منظور افزایش مقاومت در برابر تبدیل خطی انتقال‌یافته استفاده شده و لزوم کنترل میزان تغییرات به منظور حفظ شفافیت مطرح شده است.

در روش POCS [۱۳] مرکز جرم جسم به مبدا مختصات انتقال داده می‌شود. رئوس مدل انتقال داده شده، به مختصات کروی تبدیل می‌شوند و تمام مولفه‌های آن به K زیربخش تقسیم می‌شوند؛ به نحوی که K تعداد بیت‌های نهان‌نگاره است. استفاده از انتقال ویژگی خاصی از مدل مانند مرکز جرم به مختصاتی مشخص به منظور افزایش مقاومت، استفاده از مختصات کروی و شعاع آن و بخش‌بندی مقادیر مولفه مورد استفاده به منظور بخش بندی مدل مواردی هستند که در این روش، آموزنده به نظر می‌آیند.

برخی روش‌ها به گنجاندن بر حسب مقادیرغیرهندسی مانند بافت توجه نشان داده‌اند[۱۷]. روشی دیگر به دست‌کاری فاصله گره‌ها تا مرکز مدل توجه داشته است[۲۶]. دسته‌ای از روش‌ها نیز بر حوزه تبدیل یا فرکانس متمرکز شده‌اند. توسعه تکنیک طیف گسترده [۲۱]، هیستوگرام جهت تولیدشده بر اساس بردارهای نرمال[۳] ، تجزیه‌های مختلف از مدل مانند ، تجزیه eigenvalue [۶؛ ۱۸؛ ۱۹؛ ۲۰]، تجزیه مولفه پایه [۱۱] و تجزیه موجک[۱۲]، استفاده از پارامتری کردن کروی [۱۴] و ایده‌هایی مشابه در این دسته مطرح شده‌اند.

جدول ۱ مقایسه کلی از برخی از روش های مطرح در زمینه نهان‌نگاری مدل های سه‌بعدی را نشان می‌دهد. دسته‌بندی روش‌ها بر اساس حوزه در زمان نهان‌نگاری و نیاز و یا عدم نیاز به مدل در زمان استخراج صورت گرفته است. ضمن آنکه مقاومت روش‌ها در برابر برخی حملات در جدول نشان داده شده است.

۳- نهانگاری مبتنی بر میانه و مساحت

روش‌های گوناگونی برای نمایش مدل‌های سه‌بعدی ارایه شده است. از آن جمله می توان به تمرکز شیوه نمایش مدل بر روی فایل‌های زبان مدل‌سازی واقعیت مجازی اشاره کرد [۲۳].

در این شیوه نمایش، مدل توسط مجموعه‌ای از نقاط و سطوح ناشی از اتصال این نقاط به یکدیگر توصیف می‌شود. یعنی برای توصیف مثلثی چون ABC باید مختصات رئوس مثلث در بخش نقاط تعریف شده باشد و در بخش سطوح نیز ارتباط داشتن سه راس A، B و C تصریح شده باشد. در این نوع فایل‌ها، مختصات نقاط و نحوه اتصال‌ها در قالب ساختاری تعریف شده است که هر نقطه توسط مجموعه مختصات سه‌مقداری (x_i,y_i,z_i) معرفی می‌شود. هر سطح (چندضلعی) نیز با دنباله‌ای از اندیس نقاط $(v_i,v_j,v_k,\ldots)$ مشخص می‌شود که با اندیس ۱- پایان آن مشخص می‌گردد. در این روش، سطوح مثلثی در فرآیند گنجاندن، مدنظر قرار گرفته‌اند. در روش موجود در این مقاله، انتخاب مثلث‌ها بر اساس شرطی روی مساحت آنها صورت می‌گیرد. این شرط به کمک ضریبی قابل تغییر توسط کاربر، شکل می‌یابد. در مجموعه مثلث‌های انتخاب شده، ترتیب اجرای روش گنجاندن نیز مبتنی بر اندازه مساحت مثلث‌هاست[۲۹].

همچنین، در این روش به منظور اعمال نهان نگاری از ویژگی میانه استفاده شده است. ویژگی منحصر بفرد میانه به منظور بکارگیری در نهانگاری آن است که در برابر انتقال مدل، چرخش، تغییر مقیاس و هر تغییری که نسبت بین دو ناحیه ناشی از رسم میانه را تغییر ندهد، معتبر خواهد بود. در این روش پیشنهادی این مقاله، اضلاع هر مثلث، بر اساس طول آن‌ها به صورت نزولی مرتب شده‌اند. در هر مثلث، یکی از سه میانه، بر اساس پیامی که قصد گنجاندن آن را داریم و متناظر با ترتیب مشخص‌شده اضلاع است، انتخاب می‌شود. به واسطه انتخاب هر میانه نیز دو مثلث جدید ایجاد می‌شود که یکی از این دو مثلث، بر اساس پیام مورد نظر و ترتیب بزرگی طول اضلاع، انتخاب شده و به مجموعه سطوح مدل افزوده می‌گردد.

پیام مربوط به نهان نگاری در روش پیشنهادی، یک کد دودویی هفتاد بیتی (یا ۱۰ کاراکتری) فرض شده است[۲]. پیام هفتاد بیتی مذکور، به‌عنوان نهان‌نگاره، با به‌کارگیری ۳۶ مثلث برای یک‌بار در مدل قابل گنجاندن است. یک مثلث از این ۳۶ مثلث به منظور مشخص کردن شروع رشته و ۳۵ مثلث دیگر جهت گنجاندن ۷۰ بیت اطلاعات به‌کار گرفته می‌شود. واضح است با توجه به تعداد مثلث‌های لیست مرتب شده، گنجاندن به صورت تکرارشونده صورت گرفته است که این امر سبب افزایش مقاومت در مقابل حملات برش می شود.

جدول ۲ روش گنجاندن و جدول ۳ چگونگی استخراج پیام نهان‌نگاری شده را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است در کلیه اشکال فرض شده است که طول اضلاع a، b و c که به ترتیب در برابر رئوس A، B و C قرار دارند، به صورت صعودی است.

در جدول (۲)، ستون کد، بیانگر دو بیت رشته نهان‌نگاره است؛ ستون راس، بیانگر راسی است که به مدل افزوده می‌شود؛ ستون مثلث، بیانگر مثلثی

[Downloaded from ijict.itrc.ac.ir on 2024-03-28]

نیاز به وجود رسانه فاقد نهان‌نگاری، دو دسته روش نهان‌نگاری *آگاهانه* و *کور* مطرح می‌باشد [۷].

از جمله مسایل مهم در نهان‌نگاری موضوع حملات است. در حالت کلی، هر پردازشی که منجر به خنثی کردن هدف نهان‌نگاری و نه لزوماً حذف آن شود، حمله نامیده می‌شود. حمله، که گاهی از آن به دست‌کاری و خراب-کاری نیز یاد می‌شود، اصولاً کیفیت بصری رسانه را کاهش چشمگیری نمی‌دهد[۱۵; ۲۴; ۲۵]. حملات را می‌توان از منظرهای گوناگون مورد بررسی قرار داد. از منظر نوع حمله نیز حملات به دسته‌های مختلفی چون حملات هندسی و توپولوژیکی تقسیم می‌شوند. دسته نخست موجب تغییرات هندسی در مدل مانند موقعیت رئوس یک مدل می‌شوند. دسته دوم همسایگی سطوح و نحوه اتصال اجزای پایه مدل را دست‌کاری می-نمایند[۲۹].

تمرکز این نوشتار بر رسانه‌ای از نوعی دیگر و در بُعدی جدید یعنی مدل-های سه‌بعدی است. نخستین گام در خصوص نهان‌نگاری در مدل‌های سه-بعدی به سال ۱۹۹۷ برمی‌گردد [۱۶]. در مدل‌های سه‌بعدی، مدل توسط نقاطی سه‌بعدی و مجموعه‌ای از سطوح توصیف می‌شوند. کاربردهایی از این مدل، در مواردی مانند هنر فیلم‌برداری و واقعیت مجازی است که محصول اولیه توسط فردی خلق و توسط افراد دیگری مورد استفاده قرار می‌گیرد[۸].

در یک دسته‌بندی کلی، گنجاندن در روش‌های نهان‌نگاری، در مدل‌های سه بعدی به دو شیوه صورت می‌پذیرد. در دسته اول روش‌ها، گنجاندن در دامنه *فضایی* سامان‌دهی می‌شود و مستقیماً اطلاعاتی مانند موقعیت رئوس مورد توجه می‌باشند[۶]. در مقابل در دسته دوم، دامنه *تغییر شکل یافته* برای گنجاندن اطلاعات مدنظر قرار گرفته می‌شود. به عنوان نمونه، در این دسته، از تکنیک‌هایی مانند طیف گسترده، تجزیه توری، دامنه موجک، تبدیل گسسته کسینوس [۹] و تبدیل فوریه[۲۲] بهره گرفته شده است.

برای بیان مدل سه‌بعدی نیز روش‌های مختلفی می‌توان در پیش گرفت. مثلاً در یک مدل مثلث‌بندی‌شده، می‌توان یک ترتیب یک بعدی از مثلث‌ها بر اساس مساحت‌شان یا ترتیبی دوبعدی از اتصال مثلث‌ها به یکدیگر را به عنوان چیدمان انتخاب کرد. این بیان به دو شیوه کلی همسایگی و کمّی ظاهر می‌شود. شیوه نخست، غالباً در برابر تبدیلات هندسی مقاوم است. در شیوه دیگر، تفاوت مقادیری از مدل مانند مساحت مدنظر قرار می‌گیرد. یافتن جزء اولیه آغازین نیز نقطه حساسی در بیان چیدمان مدل است؛ چرا که باید در برابر دستکاری‌ها مقاوم باشد [۱۷].

به طور خلاصه می‌توان گفت مواردی مانند تعدد و تنوع حملات و مقاوم-سازی روش در برابر حملات، آگاهانه و یا کور بودن روش، دشواری مقایسه روش‌های نهان‌نگاری در مدل‌های سه‌بعدی توری به دلایل فقدان شیوه نمایش استاندارد، مقاومت و پیچیدگی الگوریتم، به عنوان چالش‌ها در این حوزه مطرح می شوند[۱۸].

۱-۲- اهداف تحقیق

در این مقاله، بهبودی بر تحقیق قبلی مولف [۳۰] صورت گرفته است. تمرکز بر ارایه روشی مقاوم درنهان‌نگاری اطلاعات برای مدل‌های سه‌بعدی است. از میان شیوه‌های نمایش مدل سه‌بعدی، شیوه انتخابی ما مبتنی بر مدل توری است.

در تحقیق قبلی به این اصل تاکید داشتیم که ویژگی ای انتخابی در مدل سه بعدی به عنوان مقصد نها ن نگاری باید چنان باشد که حدالامکان در مقابل حملا ت مختلف، تغییرناپذیر باشد . به این منظور میانه مثلث به عنوان ویژگی مناسب مطرح شد.میانه از این نظر به عنوان ویژگی کارا در مدل های سه بعدی معرفی می شود که در برابر انتقال ، چرخش، تغییر مقیاس و هر تغییری که نسبت بین دو ناحیه ناشی از رسم میانه را تغییر ندهد، معتبر خواهد بود. بر این اساس، در هر مثلث یکی از سه میانه بر اساس پیامی که قصد گنجاندن آن را داریم، انتخاب می شود . به واسطه انتخاب هر میانه نیز دو مثلث جدید ایجاد خواهد شد که یکی از این دو، بر اساس پیام مورد نظر ، انتخاب شده و به مجموعه سطوح مدل افزوده میگردد. از جمله چالش های اساسی نهانگاری مبتنی بر میانه می توان به ضعف روش در مقابل خطای محاسبات ممیزشناور اشاره نمود. این خطا موجب تغییر ترتیب مساحت مثلث‌ها بر اساس حمله مورد استفاده می‌شود؛ به نحوی که ترتیب رشته استخراج شده بهم خورده، نسبت شناسایی کاهش می‌یابد

به این منظور در مقاله حاضر، روش بهبود یافته ای نسبت به روش اول که مبتنی بر میانه و ترتیب نزولی اندیس رئوس است، معرفی می گردد. از آن‌جا که هر سطح با اندیس رئوس آن توصیف می‌شود، مرتب‌سازی نزولی این اندیس‌ها می‌تواند عاملی مناسب جهت جایگزینی با عامل مساحت و طول اضلاع مثلث در روش شود. در آزمایشات صورت گرفته نشان خواهیم داد که مقاومت روش بهبود یافته در مقابل دسته دیگر از حملات ، از آن جمله حملات خطی، به چه میزان قابل توجه ای بهبود خواهد یافت.

ادامه مقاله در قالب بخش‌های زیر سامان‌دهی شده است. در بخش ۲، کلیاتی از تحقیقات صورت گرفته ارایه شده است. همچنین به ارایه مقایسه ای مابین روش های موجود می پردازیم. تحلیلی بر روش ارایه شده در این مقاله، موضوع بخش ۳ است. در بخش ۴، به پیاده‌سازی و آزمون روش پیشنهادی پرداخته شده است. در بخش پایانی، جمع‌بندی کار و زمینه کارهای آتی مطرح شده است. همچنین به مقایسه روش بهبود یافته با روش های مشابه در دنیا پرداخته ایم.

۲- مروری بر تحقیقات صورت گرفته

در این بخش، برخی از روش‌های تاکنون ارایه شده که از نتایج برخی از آن‌ها در روش پیشنهادی نیز بهره گرفته شده است، بررسی می‌شوند. روش-های نهان‌نگاری در مدل‌های سه‌بعدی چندضلعی نیز همانند روش‌های موجود در مدل‌های دوبعدی، در دو حوزه تصویر یا فضایی و حوزه تبدیل یا فرکانس صورت می‌گیرند. گنجاندن در حوزه فضایی مبتنی بر تغییرات موقعیت رئوس، دست‌کاری توپولوژی و نظایر آن است، در حالی‌که در حوزه تبدیل، مدل به فضای دیگری برده شده و سپس نهان‌نگاری در آن حوزه صورت می‌گیرد [۵; ۲۷].

روش TSQ[۱۶] از جمله روش‌های نهان‌نگاری در مدل‌های سه‌بعدی است. این روش مبتنی بر توری مثلثی بوده و در مرحله استخراج به مدل اولیه نیازمند نیست. ویژگی مورد استفاده در این روش هندسی بوده و نهان-نگاری در حوزه فضایی صورت می‌گیرد . گنجاندن در این روش بر روی عنصرپایه درشت‌دانه‌ای MEP مشتمل بر چهارمثلث که در همسایگی هم قرار دارند صورت می‌گیرد. ضمن آن‌که نهان‌نگاری نیز به صورت تکرارشونده

[Downloaded from ijict.itrc.ac.ir on 2024-03-28]

مجله بین المللی علمی- پژوهشی
ارتباطات وفناوری اطلاعات

ITRC

جلد یکم - شماره ۱ - اسفند ماه ۱۳۸۷ (ش ص . ۱۱-۳)

نهان نگاری مبتنی بر میانه و اندیس رئوس در مدل های سه بعدی مثلثی

رضا فرید

آزمایشگاه پردازش موازی و تصویر
دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده فنی و مهندسی،
بخش مهندسی برق
rezaf@modars.ac.ir

نصرا... مقدم چرکری

آزمایشگاه پردازش موازی و تصویر
دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده فنی و مهندسی،
بخش مهندسی برق
charkari@modares.ac.ir

چکیده - در این مقاله، روشی جهت نهان‌نگاری اطلاعات در مدل‌های سه‌بعدی مثلثی در حوزه تصویر ارایه می‌شود. در ابتدا روشی مبتنی بر مساحت مثلث ها و میانه معرفی می شود. این روش مبتنی بر افزودن مثلث‌هایی به مدل اصلی سه بعدی است. این افزایش با توجه به رشته پیام مورد نظر در گنجاندن صورت می‌گیرد. بدین منظور، مجموعه‌ای از مثلث‌های مدل بر اساس مساحت، انتخاب می‌شوند تا لیست مثلث‌های منتخب تشکیل گردد. این لیست بر اساس عاملی مقاوم در برابر برخی حملات مرتب می‌شوند. سپس یکی از سه میانه هر مثلث بر حسب رشته پیامی که هدف اصلی، گنجاندن آن در مدل است؛ در نظر گرفته شده و یکی از دو مثلث ناشی از رسم آن میانه، بر اساس عامل ترتیب‌دهی در مثلث، به مدل افزوده می‌گردد. انتخاب به گونه‌ای است که مقاومت در برابر دسته ای از حملات مهم حاصل شود. روش موجود در برابر مجموعه حمله‌های چرخش، تغییر مقیاس و انتقال، که به حمله مشابهت نیز موسوم است، مقاوم است. در ادامه، به منظور بهبود روش، مرتب‌سازی مثلث‌ها و ترتیب انتخاب میانه بر اساس اندیس رئوس بنا می‌شود تا مقاومت روش در برابر حملات تبدیل خطی انتقال یافته نیز حاصل گردد. آزمایش‌های صورت گرفته بر روی مدل *VRML* کارایی روش ها را در مقابل حملات فوق الذکر نشان می‌دهد.

کلید واژه- حمله تبدیل خطی انتقال‌یافته، مقاومت، زبان مدل‌سازی واقعیت مجازی، نهان‌نگاری مدل‌های سه‌بعدی.

۱- مقدمه

با رشد و تسهیل توزیع داده‌های چندرسانه‌ای از طریق شبکه‌های کامپیوترهای و ارتباطات اینترنتی مساله حفاظت از حق‌نشر و مالکیت معنوی به عنوان یکی از چالش‌های جدی مطرح می‌باشد. در این رابطه از نهان‌نگاری به عنوان یکی از رویکردهای مهم نام برده می‌شود. در نهان-نگاری، اطلاعات در نوع مشخصی از داده رقمی، عموما به صورت *نامحسوس* در رسانه موردنظر گنجانده می‌شود تا در کاربردهای گوناگونی مانند حفاظت از حق‌نشر و اثبات مالکیت رسانه مورد نظر، انتقال پنهان اطلاعات، تصدیق هویت و پیگیری نسخه‌های غیرمجاز بتوان از آن بهره جست[۷]. رسانه‌های مختلفی در نهان‌نگاری می‌توانند مدنظر قرار گیرند. در این راستا، صوت به-عنوان رسانه‌ای تک‌بُعدی در طول زمان، تصویر به‌عنوان نگاشتی از فضای دوبعدی و تصاویر ویدیویی متحرک در نهان‌نگاری به‌صورت وسیعی مورد توجه بوده‌اند [۸].

دو مرحله اصلی در نهان‌نگاری، گنجاندن و استخراج اطلاعات است. با توجه به نوع کاربرد، تکنیک مورد استفاده در نهان‌نگاری باید در برابر دست‌کاری-های سهوی و عمدی که می‌تواند موجب تخریب داده نهان‌شده گردد، *مقاوم* یا شکننده باشد. از سویی دیگر در مرحله استخراج ، بر اساس نیاز یا عدم

[Downloaded from ijict.itrc.ac.ir on 2024-03-28]