

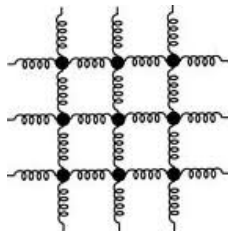
شبیه سازی رفتار آویزش پارچه با استفاده از مدل جرم و فنر

فرشته رضائی*، پدram پیوندی و سعید ابراهیمی

یزد، دانشگاه یزد، مجتمع فنی و مهندسی، دانشکده مهندسی نساجی، صندوق پستی ۷۴۱-۸۹۱۹۵

مدل جرم و فنر

در این مقاله، یک مدل جرم و فنر برای شبیه سازی پارچه مورد استفاده قرار می گیرد. مدل پارچه توسط شبکه ای متشکل از مجموعه ی جرم و فنر نشان داده می شود که ابعاد آن $m \times n$ (m تعداد نخ های تار و n تعداد نخ های پود) می باشد و هر جرم توسط فنر به یک جرم دیگر متصل شده است. مدل ارائه شده در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- شبکه جرم و فنر.

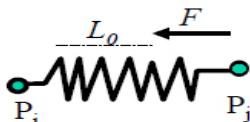
دینامیک و نیروها

مدل تحت بررسی یک مش با نقاط جرمی $m \times n$ می باشد که هر ذره در زمان t دارای موقعیت $p_{i,j}(t)$ که $i = 1, \dots, m$ و $j = 1, \dots, n$ می باشد. هر ذره بر طبق قانون نیوتن مطابق معادله (۱) حرکت می کند:

$$\sum F = ma \quad (1)$$

در معادله (۱)، F مجموع نیروهای داخلی و خارجی (N)، m جرم هر ذره (kg)، a شتاب هر ذره (m/s^2) می باشد. نیروی داخلی اعمال شده نیروی فنر می باشد (شکل ۲). نیروی فنی که ذره ی p_j به ذره ی p_i وارد می کند از قانون هوک پیروی می کند و بر طبق معادله (۲) می باشد:

$$F(p_i, p_j) = \sum k(L_0 - \|\vec{p}_i - \vec{p}_j\|) \frac{\vec{p}_i - \vec{p}_j}{\|\vec{p}_i - \vec{p}_j\|} \quad (2)$$



شکل ۲- نیروی فنر اعمال شده بین دو ذره.

در این معادله k ضریب سختی فنر (N/m) و $\|\vec{p}_i - \vec{p}_j\|$ طول جدید فنر (m)، L_0 طول اولیه ی فنر (m) می باشد.

مجموع نیروهای خارجی اعمال شده شامل نیروی گرانش و نیروی عکس العمل سطح می باشد. نیروی گرانش بر طبق قانون دوم نیوتن، معادله ی (۳) محاسبه می شود:

چکیده

در این پژوهش رفتار آویزش پارچه تار ی پودی مورد بررسی قرار گرفته است. در این راستا مدلی برای پیش بینی رفتار آویزش پارچه تار ی پودی با بافت تافته ارائه گردیده است. به منظور مدلسازی از شبکه جرم و فنر که تشکیل شده از یک مش مربعی شامل نقاط جرمی و فنر، استفاده شده است. سپس مقدار سختی فنر با استفاده از نمودار هیستریزس محاسبه شده و به مدل جرم و فنر برای شبیه سازی داده شده است. نتیجه ی حاصل از شبیه سازی با نتیجه ی نمونه پارچه ی تار ی پودی مقایسه گردیده است. نتایج حاصل نشان می دهد که میزان آویزش در نمونه ی شبیه سازی شده دارای تطابق خوبی با نمونه پارچه ی تار ی پودی می باشد.

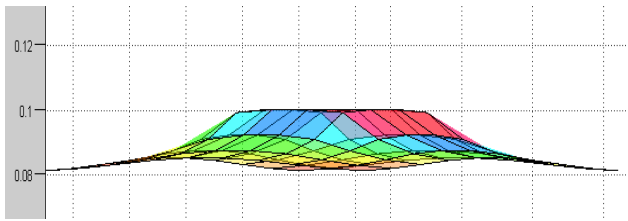
واژه های کلیدی: شبیه سازی آویزش پارچه- مدل جرم و فنر- روش نیوتن

مقدمه

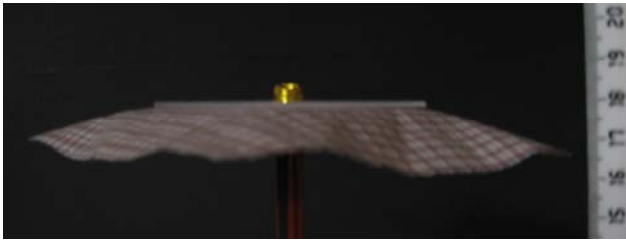
شبیه سازی، پروسه طراحی یک مدل از سیستم واقعی و تقلید از عملکرد فرآیند آن سیستم به منظور دستیابی به نتایج بهتر و سریعتر می باشد. از سال ۱۹۸۰ جامعه ی گرافیکست کامپیوتری علاقه ی بیشتری را برای شبیه سازی لباس و پارچه از خود نشان دادند. تکنیک های توسعه یافته برای مدل سازی پارچه می تواند به سه دسته تقسیم بندی شود: هندسی، فیزیکی و ترکیبی.

در سال ۱۹۸۶، ویل [۱] یک روش هندسی برای شبیه سازی لباس پیشنهاد کرد که چین ها را در یک پارچه ی مربعی تقریب می زد. در سال ۱۹۸۸، هیومن و پرنٹ [۲] یک مدل جرم و فنر برای شبیه سازی پارچه های تار ی پودی ارائه دادند. مدل آن ها نمی توانست با دقت رفتار پارچه های تار ی پودی را شبیه سازی کند، فقط می توانست بعضی از انواع تغییر شکل های ظاهری را شبیه سازی کند. در سال ۱۹۹۲، برین و همکارانش [۳] از ذرات (تقاطع نخ های تار و پود) و حداقل انرژی برای مدل کردن رفتار آویزش پارچه تار ی پودی استفاده کردند. در سال ۱۹۹۵، پروت [۴] یک سیستم جرم و فنر ساده به منظور شبیه سازی یک پرچم در باد با دو نقطه ثابت ارائه داد. در سال ۲۰۰۲، چویی و کو [۵] یک تکنیک شبیه سازی به نام semi_implicit را برای مدل کردن رفتار کپ کردن پارچه تار ی پودی ارائه دادند. در سال ۲۰۱۲، چن و همکارانش [۶] یک تکنیک شبیه سازی لباس خیس برای انسان مجازی با چین و چروک واقعی پیشنهاد کردند.

بیشتر از پارچه‌ی تارپودی می‌باشد. این اختلاف می‌تواند به دلیل خطا در اندازه‌گیری ضریب سختی فنر به وجود آمده باشد.



شکل ۴- رفتار آویزش نمونه شبیه‌سازی شده.



شکل ۵- رفتار آویزش نمونه پارچه تارپودی

نتیجه‌گیری

در این تحقیق یک مدل جرم و فنر برای شبیه‌سازی رفتار آویزش پارچه‌های تارپودی ارائه شده است. در ابتدا با استفاده از نمودار هیستریزس ضریب سختی فنر محاسبه شد و مقدار محاسبه شده به مدل جرم و فنر به منظور شبیه‌سازی رفتار آویزش پارچه داده شد. میزان آویزش در مدل شبیه‌سازی شده با مدل واقعی مورد مقایسه قرار گرفت، نتایج نشان داد که میزان آویزش در نمونه شبیه‌سازی شده دارای تطابق خوبی با نمونه پارچه تارپودی می‌باشد.

مراجع

1. J. Weil, "The Synthesis of Cloth Objects", Computer Graphics Proceedings (SIGGRAPH), pp. 49-53(1986).
2. D. Haumann, D. Parent, "The behavioral test-bed: obtaining complex behavior from simple rules", The Visual Computer, pp. 332-347(1988).
3. D. Breen, D. House, P. Getto, "A physical-based particle model of woven Cloth", The Visual Computer, pp. 264-277(1992).
4. X. Provot, "Deformation Constraints in a Mass Spring Model to Describe Rigid Cloth Behavior", In Proceedings of Graphics Interface, pp. 147-154(1995).
5. K. Choi, H. Ko, "Stable but responsive cloth", In Proceedings of the 29th annual conference on Computer graphics and interactive techniques, ACM Press, pp. 604-611(2002).
6. Y. Chen, N. M. Thalmann, B. F. Allen, "Physical simulation of wet clothing for virtual humans", The Visual Computer, pp. 765-774(2012).
7. E. Drumwright, "A Fast and Stable Penalty Method for Rigid Body Simulation", Visualization and Computer Graphics, pp. 231 - 240(2008).

$$F = mg \quad (3)$$

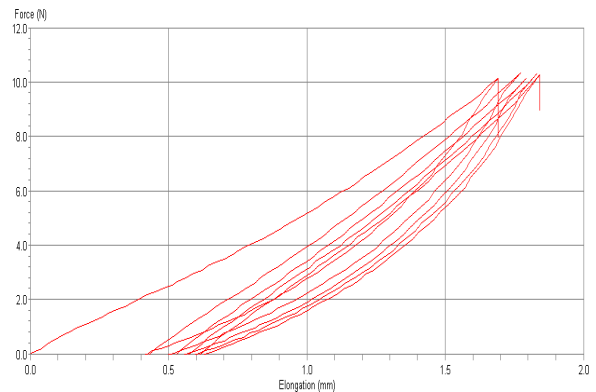
که در آن m جرم هر ذره (kg) و g شتاب گرانش (m/s^2) می‌باشد. نیروی سطح از تماس به روش پنالتی بدست می‌آید که در این روش سطح بصورت مجموعه‌ای از جرم و فنر بسیار ریز در نظر گرفته می‌شود، و از معادله‌ی (۴) پیروی می‌کند:

$$R = k\delta + c\dot{\delta} \quad (4)$$

که در k ضریب سختی فنر سطح (N/m)، δ میزان فشردگی سطح (m)، c ضریب میرایی (Ns/m) و $\dot{\delta}$ سرعت تغییر طول فنر (m/s) می‌باشد. در هر مرحله شبیه‌سازی از روش رانگ‌کوتا مرتبه ۴ برای محاسبه‌ی موقعیت پارچه استفاده می‌شود.

تجربیات

در این پژوهش یک نمونه پارچه تارپودی با بافت تافته به ابعاد 10×10 سانتیمتر مربع از جنس پنبه-پلی‌استر، به وزن 0.953 گرم و با تراکم تار 40 ($1/cm$) و تراکم پودی 32 ($1/cm$) تهیه گردید. برای اندازه‌گیری ضریب سختی فنر از نمودار هیستریزس نیرو-ازدیاد طول نمونه‌ی تارپودی استفاده شده است. بدین منظور آزمایش استحکام نمونه با استفاده از دستگاه اینسترون (که بر اساس نرخ ثابت ازدیاد طول کار می‌کند) انجام گردید. آزمایش مطابق با روش استاندارد (ASTM D2594-99a) انجام شده و از نمونه تهیه شده پنج آزمایش به عمل آمد. طول اولیه نمونه که بین دو فک ثابت و متحرک دستگاه قرار می‌گیرد 30 سانتیمتر، عرض نمونه 6 سانتیمتر و سرعت فک متحرک هم 10 میلیمتر بر دقیقه انتخاب گردید و نمونه تا نیروی 10 نیوتن تحت 5 سیکل رفت و برگشت کشش قرار گرفت (شکل ۳).



شکل ۳- نمودار هیستریزس نمونه

بحث و نتایج

با استفاده از نمودار هیستریزس مقدار ضریب فنر ($k=3500 N/m$) محاسبه می‌شود و با اعمال این مقادیر به مدل جرم و فنر می‌توان رفتار آویزش نمونه تارپودی را شبیه‌سازی کرد. به منظور شبیه‌سازی یک مش به ابعاد 10×10 سانتیمتر مربع ایجاد گردید و مقدار ضریب فنر برای ایجاد رفتار آویزش پارچه به آن داده شد. نتیجه‌ی رفتار آویزش حاصل از شبیه‌سازی در شکل ۴ نشان داده شده است. شکل ۵ رفتار آویزش نمونه پارچه‌ی تارپودی را نشان می‌دهد. اندازه‌گیری‌ها نشان داد که نمونه پارچه به اندازه‌ی 1.6 سانتیمتر آویزش داشته ولی شبیه‌سازی انجام شده دارای 1.9 سانتیمتر آویزش می‌باشد. این نتایج نشان می‌دهد که میزان آویزش در نمونه‌ی شبیه‌سازی شده 3 میلیمتر