

GENERATING MENTAL STRESS THROUGH 3D GAME

Penio Lebamovski

Institute of Robotics, Bulgarian Academy of Sciences, Bulgaria

p.lebamovski@abv.bg

ГЕНЕРИРАНЕ НА МЕНТАЛЕН СТРЕС ЧРЕЗ 3D ИГРА

Abstract

The present article investigated the influence of mental stress on heart rate variability (HRV). The mental stress is generated through a newly created 3D game with high extremeness. The modelling of the main components of the game is done in two ways: automatically (algorithmically) using the Java programming language and manually (digitally) using Blender; the two methods can be combined by modeling with geometric objects, such as a regular polygon, a prism, pyramid and others. The controlled stress scenario can be created by appropriately planning graphic objects and elements, such as material and texture, including movement dynamics. Rapid and unexpected movements of game objects, as well as visual and sound effects, play a key role in generating mental stress and can significantly affect HRV. The HRV measurement methodology includes the following three phases: a preliminary phase, when baseline HRV levels are measured before the start of the game; the game phase-measurement of HRV during the game; and the post-game phase-measurements after the game. HRV analysis includes determining the values of the following parameters in the time and frequency domains: SDNN, RMSSD, LF, HF and LF/HF ratio. The results of the HRV analysis show that stress significantly impacts HRV and leads to its decrease, which is expressed in a significant decrease in SDNN and RMSSD, as well as an increase in the LF/HF ratio during a stressful situation. Investigating these changes is important for understanding the physiological functions of mental stress and may help develop mechanisms to manage it to improve human health.

Keywords: Virtual Reality; HMD; Mental Stress; Heart Rate Variability; 3D Game; Mathematical Analysis.

ВЪВЕДЕНИЕ

Виртуалната реалност (ВР) и 3D игрите предлагат новаторски подходи в кардиологията, които могат да подобрят обучението на специалисти, диагностиката и лечението на сърдечно-съдови заболявания, както и да предоставят нови възможности за рехабилитация и намаляване на стреса при пациенти. Генерирането на ментален стрес чрез 3D игра може да се постигне чрез комбинация от различни фактори в дизайна на играта, които включват игрови техники, звукови ефекти, сюжет и други. Някои от основните аспекти, които могат да допринесат за генериране на ментален стрес по време на 3D игра са:

- Висока трудност: Играта с висока степен на трудност изисква бърза реакция и прецизност, като това може да предизвика стрес;
- Ограничено време: Ограничението във времето притиска играча и това може да засили усещането за стрес;
- Интензивни звукови ефекти: Звуци като аларми, резки шумове могат да увеличат напрежението и да предизвикат стрес.

В редица публикации [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7] е доказано, че съществува връзка между реакциите на организма към стрес и кардиологичното здраве. Един от начините за изследване на кардиологичното здраве се извършва чрез анализ на вариабилността на сърдечната честота (ВСЧ) на ЕКГ [8], [9], [10], [11] и/или фотоплетизмографски (ФПП)

сигнали [12], [13]. Установено е, че ВСЧ намалява, както при сърдечно-съдови заболявания така и при стресови състояния, независимо, дали те са положителни или отрицателни. Методите за анализ на ВСЧ са атрактивни и намират приложение при анализа на различни времеви редове, включително пазарните движения на цените на електроенергията [14], [15].

Целта на настоящата статия е да се представи нова 3D екстремна игра за симулиране на ментален стрес, която да е реализирана за виртуална реалност с и без потапяне. Измерването на стреса става чрез снемане на електрокардиологични сигнали на участниците в изследването, на базата на които се определя ВСЧ преди и непосредствено след игра чрез прилагане на анализ във времевата и честотната области.

Създаване на 3D игра за Виртуална реалност

Играта за симулиране на стрес е реализирана чрез обектно ориентираният език Java и 3D библиотеката му при системи за ВР с и без потапяне. Платформата Unity ще се използва при потапящите системи, свързани с Cardboard и Mixed Reality. Компонентите на играта, показани на Фигура 1 са свързани със стереоскопия, навигация, визуализация, геометрия, математика, 3D моделиране и взаимодействие между 3D и 2D техники. Под взаимодействие в двумерната координатна система се разбира използването на мишка и клавиши. От друга страна, 3D взаимодействието се осъществява чрез използването на джойстик или контролери за виртуален шлем. С използването на 3D библиотеката е възможно обектите да се разполагат в триизмерното пространство и в следствие да се раздвижват посредством матрици и тригонометрия. Кривите на Безие и Сплайн кривите се използват при моделиране и при задвижването на обекти от играта, като и при използването на камера. Този начин за моделиране е за предпочитане, защото може да се извърши както криволинейно така и праволинейно движение на обектите. Стереовизуализацията е основен компонент на 3D игрите и може да се реализира чрез системи както с потапяне, така и без потапяне. Непотапящите системи са на базата на анаглифна проекция и предлагат добър стерео ефект. Те са сравнително евтини за разлика от другите технологии за виртуална реалност, като шутърните очила, предлагащи стерео ефект, получен от скъп хардуер, изискващ видео карта, компютър и монитор за стереовизуализация. Принципът на работа при двата типа очила е един и същ, като целта е всяко око да получи различно изображение. Този подход се прилага и при останалите технологии за ВР [16].

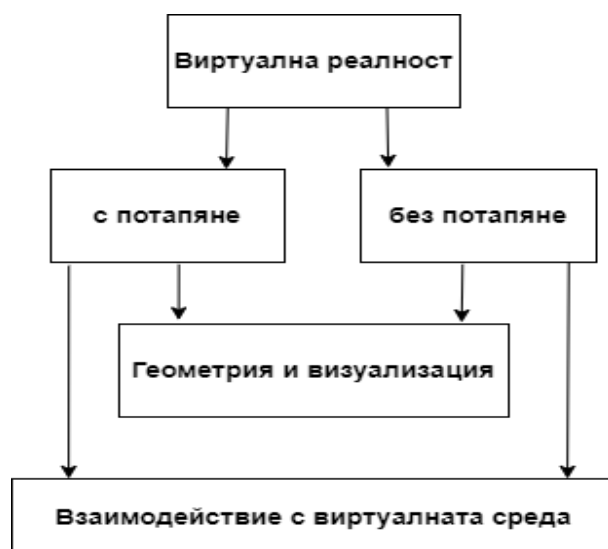
Концепцията, свързана със създаването на 3D игра за генериране на ментален стрес се състои от следните основни точки:

- Къде ще бъде полезна 3D играта за виртуална реалност?
- Изисквания към играта.
- Необходимите технически средства за реализирането ѝ.
- Основни модули на играта и връзките между тях.

Необходимостта от разработването на 3D играта, предназначена за виртуална реалност, произлиза от факта, че при изследване на кардиологичното здраве по време на стресова ситуация, лекарите са затруднени от това, че има хора, които не могат да се подложат на физически стрес. Това могат да бъдат възрастни хора, деца с аутизъм или с други заболявания, които пречат на подвижността им. Предложеният подход за изследване на ВСЧ може да стане част от съвременните методи за лечение и откриване на сърдечни отклонения при болни хора, намиращи се под стрес. Изискванията към играта, симулираща стрес, са следните:

- Играта да може да се играе чрез системи за ВР с и без потапяне.

- Играта да дава възможност за регулация на скоростта при движение на камерата на приложението и други обекти.
- Взаимодействието може да се осъществява по различни начини: клавиши, мишка или джойстик.



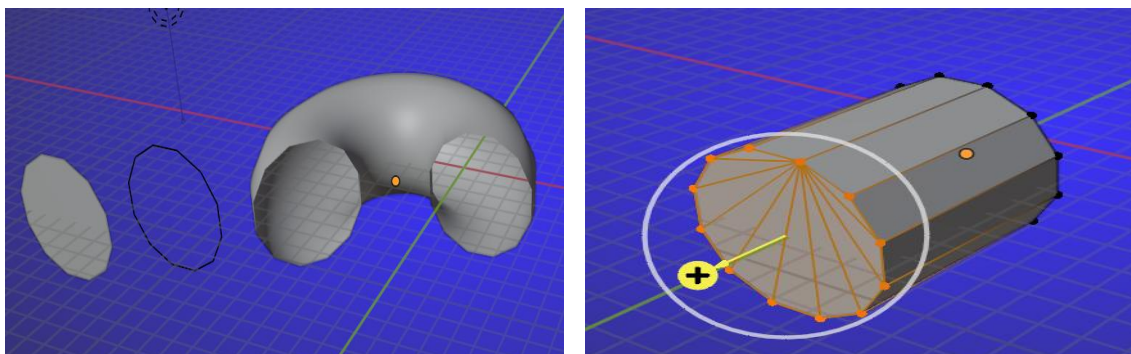
Фиг. 1. Компоненти на играта за ВР

Разработената игра има цел, различна от тази за забавление, и предлага различни нива на потапяне във виртуалната среда, което води до генериране на стрес с различна интензивност. Необходимото оборудване за работа с играта е следното:

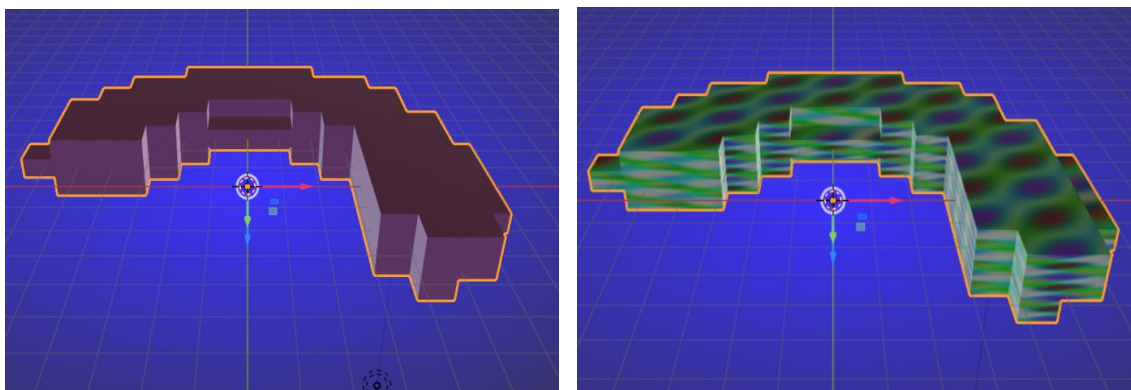
- Монитор за стереоскопична визуализация и шутърни очила, когато играта е предназначена за триизмерна активна технология при непотапяща система.
- Анаглифни очила с червен и син филтър за всяко око, когато играта е в режим за пасивна технология при непотапяща система.
- Виртуален шлем (HMD) посредством хардуер от високо ниво и шлем предназначен за мобилно устройство (Cardboard).
- Проектор, когато е необходимо по-голямо потапяне и повече участници.
- В бъдеще играта за симулиране на стрес ще може да се разработи и за полупотапящи и напълно потапящи системи, като например: FishTank and CAVE системите.

Една от основните техники за 3D моделиране е екструдирането на двумерно сечение до триизмерен обект [17]. На Фигура 2 е показан екструдиран правилен многоъгълник, транслационно и по крива представляваща част от кръг. Това е направено в средата за 3D моделиране – Blender. В първия случай полигона се екструдира направо без да е необходима друга обработка. При втория случай меша трябва да бъде преобразуван в крива. На Фигура 3 е зададена визуализация на обект по два начина с материал и текстура. Визуализацията и геометрията на върховете на обекта в самото начало са 12 на брой за правилен многоъгълник и 250 върха за обекта, който е екструдиран ротационно, след което следва преобразуване във воксел с 580 върха. Визуализацията на обекта е чрез материал, в случая с виолетов цвят и чрез текстура от изображение. Blender дава възможност за последователно експортиране на сцената в .obj формат или в формат за анимация .fbx. Посредством клавиши и джойстик е възможно да се промени изгледа на камерата и нейната скорост. Това става посредством извършване на трансформации, като транслация и ротация, използвайки матрици и тригонометрия.

При прилагането на непотапяща пасивна система е възможно да се контролира стерео ефектът по време на самата игра, докато при активната система той се задава в самото начало на играта. За извършването на навигация в играта могат да се използват клавиши, мишка, контролери и джойстик.



Фиг. 2. Геометрия чрез екструдирани многоъгълник



Фиг. 3. Визуализация чрез материал и текстура

Основната техника за създаване на анимационни ефекти е морфизма, който е приложен в играта при стрелба по астероид и експлозията му. Същият принцип се прилага и при анимацията на морето. В създадената игра, посредством Blender се генерират няколко обекта в .obj формат, след което тези обекти се добавят в Java, чрез задаване на скорост и визуализация. Идеята е да се създаде интерактивност и анимация от няколко статични фигури, което често се прилага при създаването на анимационни филми. Създадените обекти могат да бъдат импортирани в Java, като процесът на анимация се завършва с помощта на няколко основни класа, като Switch, Alpha и Morph.

Честотен и времеви анализ на ВСЧ в състояние на покой и стрес

За да се извърши анализ на ВСЧ чрез честотния метод е необходимо да се определи спектралната плътност в отделните диапазони [18]. В тази статия се извършва анализ на ВСЧ, чрез диапазоните на много ниските честоти, ниските честоти и високо честотния диапазон. Определя се отношението между симпатиковата и парасимпатиковата нервна система, като симпатиковата нервна система работи в ниските честоти (0.04-0.15 Hz), която намалява ВСЧ, в резултат на което се увеличава сърдечният ритъм. От друга страна парасимпатиковата нервна система се разпределя върху високите честоти 0.15 – 0.4 Hz. Посредством отношението между LF/HF може да се определи баланса в автономната нервна система. Анализът на спектралната плътност се извършва чрез абсолютни единици (aVLF, aLF and aHF), както и в проценти (pVLF%, pLF% and pHF%), като впоследствие се определя ВСЧ в нормализирани единици. Анализът във времевата

област може да се извърши по два начина: статистически и геометрично. В тази статия са изчислени следните статистически параметри: SDNN, SDANN и RMSSD. Автономната нервна система влияе значително на параметъра SDNN, като той е тясно свързан с компонентите на честотния анализ. Когато стойностите на VLF и LF са с по-голяма мощност в сравнение с HF, то това допринася повече за SDNN. Параметърът RMSSD отразява краткосрочната ВСЧ и е сравним с параметъра SD1 на метода на Поанкаре. От стойностите на изследваните параметри, показани в Таблица 1 се забелязва, че по време на стрес ВСЧ намалява, което се дължи на намаляване стойностите на SDNN и RMSSD, както и увеличаване на отношението LF/HF. На базата на получените резултати могат да се направят следните изводи:

- Стойността на LF% е по-малка в покой в сравнение по време на играта.
- Стойността на HF% е по-голяма в покой.
- Отношението LF/HF в покой е с по-малки стойности в сравнение с отношението по време на играта във ВР.
- Стойностите на статистическите параметри във времевата област намаляват по време на игра (стрес), което е индикация за доминиране на симпатиковата нервна система и намалена парасимпатикова активност, от което следва че ВСЧ е по-ниска по време на стрес.
- Поведението на двата геометрични параметъра: TINN и HRVti също предоставя информация за АНС. Намаляването на стойностите им е индикатор за наличието на стрес.

Табл. 1. Времеви и честотен анализ на две групи от 10 доброволци в състояние на покой и стрес

Параметри	Група 1 Покой	Група 2 стрес	Р- стойност
SDNN [ms]	67 ± 20.69	48 ± 18.7	0.045<0.05
SDANN [ms]	43.8 ± 14.66	29.63 ± 13.41	0.0368<0.05
NN50 [%]	197 ± 142.10	114.3 ± 78.57	0.1247 - NS
pNN50 [%]	31.53 ± 23	52.26±54.64	0.2834 - NS
RMSSD [ms]	56.26 ± 28.58	35±14.07	0.0491<0.05
MeanHR [ms]	70.66 ± 10.73	83.73 ±15.73	0.0498<0.05
SDHR [bpm]	5.56 ± 0.77	4.76 ± 0.85	0.0406<0.05
HRVTi [-]	9.3 ± 1.68	7.59 ± 1.89	0.0464<0.05
TINN [ms]	282.2 ± 113.61	154.8 ± 96.94	0.0147<0.05
LF [ms ²]	52.58±5.389	206.03±13.04	0.0001<0.05
HF [ms ²]	47.42±5.393	31.32±13.04	0.002<0.05
LF/HF	1.13±0.26	2.72±1.33	0.0016<0.05

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Посредством 3D игри разработени за ВР е възможно да се проследи влиянието на стреса върху автономната нервна система и от там на ВСЧ. Този подход може да се приложи върху хора със затруднена подвижност. Основните компоненти на играта са: визуализация, геометрия и взаимодействие. По време на играта сърдечният пулс се ускорява и от там ВСЧ намалява, което показва, че е симулирана стресова ситуация. При изследване влиянието на стреса върху ВСЧ се наблюдава натоварване на АНС, като се

активира симпатиковата нервна система от където сърдечната честота се ускорява и вариабилността намалява.

Благодарности

Научното изследване е проведено като част от проекта „Изследване, математически анализ и оценка влиянието на стреса върху кардиологични данни“ по Договор № КП-06-M72/1 от 05.12.2023 г., Конкурс за финансиране на млади учени и постдокторанти 2023 г., Фонд „Научни Изследвания“.

REFERENCES // ЛИТЕРАТУРА

1. Dong, Y., Lee, M., Park, H., Youn, I. 2018. „Stress resilience measurement with heart-rate variability during mental and physical stress“. In Proceedings of the 2018 40th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC. Honolulu. pp. 5290-5293.
2. Ishaque, S. "Heart-rate Variability Analysis for Stress Assessment in a Video-Game Setup". Toronto Metropolitan University: Thesis. DOI: <https://doi.org/10.32920/16818799.v1>
3. Ishaque, S., Khan, N. and Krishnan, S. 2023. "Physiological Signal Analysis and Stress Classification from VR Simulations Using Decision Tree Methods" Bioengineering 10 (7). DOI: <https://doi.org/10.3390/bioengineering10070766>
4. Malińska, M., Zużewicz, K., Bugajska, J. and Grabowski, A. 2015. "Heart rate variability (HRV) during virtual reality immersion", Int J Occup Saf Ergon 21 (1): pp. 47-54. DOI: <https://doi.org/10.1080/10803548.2015.1017964>
5. Dechev, M., Galabov, M. T Georgieva-Trifonova. "Application of non-relational databases in the social networks", BRAIN. Broad Research in Artificial Intelligence and Neuroscience 10 (4), pp. 56-72, 2019. DOI: <https://doi.org/10.18662/brain/05>
6. Patil, K., Singh, M., Singh, G., Anjali, Sharma N. 2015. "Mental Stress Evaluation using Heart Rate Variability Analysis: a Review", International Journal of Public Mental Health and Neurosciences II (1). Available at: <http://www.sarvasumana.in/files/13.pdf> (last view: 02-09-2024)
7. Radkowski, R., Huck, W., Domik, G. and Holtmann, M. 2011. "Serious Games for the Therapy of the Posttraumatic Stress Disorder of Children and Adolescents", Virtual and MixedReality - Systems and Applications. VMR. LectureNotes in Computer Science. Springer. pp. 44-53. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-642-22024-1_6
8. Dechev, M.; Cheshmedzhiev, K. (2023). "Design of a System for the Protection of Cardiac Data", Science Series "Innovative STEM Education", volume 05, ISSN: 2683-1333, Institute of Mathematics and Informatics – Bulgarian Academy of Sciences, pp. 45-52, DOI: <https://doi.org/10.55630/STEM.2023.0506>
9. Georgieva-Tsaneva, G. "Interactive Cardio System for Healthcare Improvement". Sensors, 23, 1186, MDPI, 2023, pp. 1-21. ISSN: 1424-8220, DOI: <https://doi.org/10.3390/s23031186>
10. Gospodinov, M.M., Gospodinova, E. "Implementing a Web-based Application for Analysis and Evaluation of Heart Rate Variability Using Serverless Architecture". International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology, 2019, Vol.9, No.6, pp. 1927-1935. DOI: <https://doi.org/10.18517/ijaseit.9.6.9804>
11. Gospodinova, E. "Time Series Analysis Using Fractal and Multifractal Methods". In: CompSysTech'19: Proceedings of the 20th International Conference on Computer Systems and Technologies, ACM International Conference Proceeding Series, Association for Computing Machinery New York, USA, ISBN: 978-1-4503-7149-0, 2019, pp. 188–193. DOI: <https://doi.org/10.1145/3345252.3345265>
12. Cheshmedzhiev, K. (2022). "Analysis of Photoplethysmographic Signals at Different Sampling Rate", Science Series "Innovative STEM Education", volume 04, ISSN: 2683-1333, Institute of Mathematics and Informatics – Bulgarian Academy of Sciences, pp. 56-61, <https://doi.org/10.55630/STEM.2022.0408>
13. Georgieva-Tsaneva, G. "A Novel Photoplethysmographic Noise Removal Method via Wavelet Transform to Effective preprocessing". Proceedings of the 23rd International Conference on Computer

- Systems and Technologies, CompSysTech, June, 2022, University of Ruse, Bulgaria, ACM International Conference Proceeding Series, New York, USA, pp. 113-118, ISBN:978-1-4503-9644-8, DOI: <https://doi.org/10.1145/3546118.3546145>
14. Popovska, E., Georgieva-Tsaneva, G. (2022). “Day-ahead Electricity Price Forecasting using Long-short Term Memory Recurrent Neural Network”, Science Series “Innovative STEM Education”, volume 04, ISSN: 2683-1333, Institute of Mathematics and Informatics –Bulgarian Academy of Sciences, pp. 139-148, <https://doi.org/10.55630/STEM.2022.0417>
 15. Popovska, E., Gospodinov, M. “Computation of Time Series Scaling Exponent for Electricity Prices Forecasting”. In: CompSysTech'19 Proceedings of the 20th International Conference on Computer Systems and Technologies, ACM International Conference Proceeding Series, Association for Computing Machinery New York, USA, ISBN: 978-1-4503-7149-0, 2019, pp. 194–199. DOI: <https://doi.org/10.1145/3345252.3345267>
 16. Jinwu, K., Xiaopeng, Zh, Chi, Zh., Baicheng, L. 2014. “Application of 3D stereoscopic visualization technology in casting aspect”, (China Foundary) pp. 308-313.
 17. Maleshkov, S., Georgiev, V. 2014, “Компютърна графика и фотореалистична визуализация”. Izdatelstvo Nov Balgarski universitet. (in Bulgarian) // [Малешков, С., Георгиев, В.,. 2014. Компютърна графика и фотореалистична визуализация. Издателство Нов Български университет.]
 18. Pomeranz B, Macaulay RJ, Caudill MA, Kutz I, Adam D, Coron D, Kilborn KM, Barger Ac, Shannon DC, Cohen J, Benson H, (1985) “Assessment of autonomic function in humans by heart rate spectral analysis”. Am J Physiol 248, H151-H153

Received: 08-09-2024 Accepted: 30-09-2024 Published: 20-12-2024

Cite as:

Lebamovski, P. (2024). “Generating Mental Stress through 3D Game”, Science Series “Innovative STEM Education”, volume 06, ISSN: 2683-1333, pp. 108-114, 2024. DOI: <https://doi.org/10.55630/STEM.2024.0611>