ชัยเดช อังสุวรรณ :การเรียนรู้แบบรีอินฟอร์สแมนท์เพื่อปรับระดับความยากของเกมในการฟื้นฟู (MAZE GAME ADJUSTMENT FOR BALANCE REHABILITATION USING WIRELESS PRESSURE SENSORS INSOLES AND REINFORCEMENT LEARNING) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาวี อุสาหะ , 60 หน้า.

คำสำคัญ : การฟื้นฟูสมรรถภาพ/จุดศูนย์กลางแรงกด/การเรียนรู้แบบรีอินฟอร์สแมนท์/ซีเรียสเกม/แผ่นรองเท้าอัจฉะริยะ

การหกล้มเป็นปัญหาสำคัญในผู้สูงอายุและผู้ที่มีข้อจำกัดด้านการเคลื่อนไหว ซึ่งมักนำไปสู่อาการบาดเจ็บ ความหวาดกลัว และคุณภาพชีวิตที่ลดลง กายภาพบำบัดเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการช่วยเพิ่มความสมดุลและฟื้นฟูการเคลื่อนไหว อย่างไรก็ตาม วิธีการฟื้นฟูแบบดั้งเดิมอาจมีความซ้ำซากและน่าเบื่อ ทำให้ผู้ป่วยขาดแรงจูงใจและไม่สามารถมีส่วนร่วมในกระบวนการบำบัดในระยะยาวได้อย่างเต็มที่

เพื่อแก้ปัญหานี้ งานวิจัยนี้จึงพัฒนา เกมฟื้นฟูสมดุลร่างกาย SuraSole maze ที่สามารถปรับระดับความยากได้โดยอัตโนมัติตามความสามารถของผู้เล่น ด้วยการประยุกต์ใช้เทคนิค Reinforcement learning (RL) ด้วยวิธี Q-learning ซึ่งเป็น Machine learning วิธีหนึ่งเกม SuraSole maze นี้ถูกออกแบบมาเพื่อส่งเสริมการพัฒนาสมดุลของผู้เล่นผ่านการฝึกถ่ายน้ำหนักในรูปแบบของเกมเขาวงกต โดยใช้ข้อมูล COP (Center of pressure) จากแผ่นรองรองเท้าติดเซ็นเซอร์ไร้สาย SuraSole ทั้งนี้ RL จะปรับระดับความยากของเกมให้เหมาะสมกับสถานะการทรงตัวของผู้เล่น เกมนี้ถูกเลือกเพราะเกมประเภทเขาวงกตสามารถเพิ่มแรงจูงใจในการฟื้นฟูสมดุลผ่านความสนุก ความท้าทาย และความมีส่วนร่วมของผู้เล่น โดยแต่ละด่านมีระดับความยากที่ปรับเปลี่ยนได้เพื่อส่งเสริมพัฒนาการของผู้เล่น

SuraSole maze นับว่าเป็น Serious games (SG) หนึ่งที่มีศักยภาพในการฟื้นฟูสมดุล เนื่องจากสามารถเก็บข้อมูลเชิงกายภาพของผู้ป่วยในระหว่างการเล่นเกม โดยเฉพาะการใช้ เซ็นเซอร์ไร้สายแบบสวมใส่ (Wearable sensors) เช่น SuraSole ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลเกี่ยวกับการเคลื่อนไหวและการทรงตัวแบบไดนามิก ข้อมูลจาก COP นี้ช่วยให้นักบำบัดสามารถวิเคราะห์สถานะของผู้ป่วยและออกแบบโปรแกรมการฝึกที่เหมาะสมกับความต้องการเฉพาะบุคคล

การทดลอง ดำเนินการในสองระยะ ระยะแรกเป็นการฝึกโมเดล RL ด้วยข้อมูลจำลอง (Simulated Data) เพื่อสร้างแบบจำลองผ่านการรันการจำลองด้วยภาษา Python โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนานโยบายการเลือกระดับของเกมส์ที่เหมาะสมตามค่า COP ในเบื้องต้นก่อนการนำไปใช้

ทดสอบกับอาสาสมัครต่อไป ทั้งนี้โมเดลถูกฝึกให้เรียนรู้การปรับระดับความยากของด่านในสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อลด training time ของ RL ในการตัดสินใจของระบบ ระยะที่สองเป็นการทดลองกับอาสาสมัครสุขภาพดีจำนวน 15 คน อายุระหว่าง 21-44 ปี โดยให้ผู้เข้าร่วมเล่นด่านที่ออกแบบสำหรับผู้ที่มีสมดุลร่างกายไม่ดีเพื่อทดสอบความปลอดภัยของเกม และด่านที่ใช้ทดสอบการปรับระดับความยากด้วย RL ตัวชี้วัดของการที่บันทึกค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องได้แก่ RMS amplitude, RMS velocity, และ COP velocity เพื่อตรวจสอบการพัฒนาสมดุลก่อนและหลังการเล่นเกม รวมถึงการสำรวจความคิดเห็นเกี่ยวกับความพึงพอใจในการเล่นเกม และความปลอดภัยของเกม

ผลการทดลอง แสดงให้เห็นว่าเกม SuraSole maze สามารถเพิ่มคะแนนสมดุล (Balance score) โดยรวมจากค่าเฉลี่ยก่อนเล่น 89.6 ± 9.23 เป็น 95.5 ± 1.6 หลังการเล่น จากคะแนนเต็ม 100 ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p = 0.0161$) และยังลดค่า RMS amplitude ในทิศทาง Medio-lateral และ Anterior-posterior จาก 0.12 ± 0.07 m เป็น 0.08 ± 0.06 m และจาก 0.070 ± 0.036 m เป็น 0.068 ± 0.036 m ตามลำดับ รวมถึงลดค่า RMS velocity ในทิศทาง Medio-lateral และ Anterior-posterior จาก 0.043 ± 0.046 m/s เป็น 0.020 ± 0.010 m/s ตามลำดับ และค่า COP velocity โดยรวมลดลงจาก 0.0013 ± 0.0011 m/s เป็น 0.0007 ± 0.0003 m/s ซึ่งสะท้อนถึงการพัฒนาการในการทรงตัวแบบองค์รวม แบบสอบถามหลังการทดลองระบุว่า 75% ของผู้เข้าร่วมพึงพอใจกับหลักการของเกม และ 96% เห็นด้วยว่าเกมนี้มีความปลอดภัย

ผลลัพธ์เหล่านี้ชี้ให้เห็นว่าเกม SuraSole maze มีศักยภาพในการเป็นเครื่องมือบำบัดความสมดุล โดยช่วยส่งเสริมการฟื้นฟูและอาจจะช่วยลดความเสี่ยงในการล้มของผู้สูงอายุหรือผู้ที่มีปัญหาการทรงตัว ทั้งนี้ในอนาคตควรขยายการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างที่มีปัญหาด้านสมดุลที่หลากหลายเพื่อเพิ่มความครอบคลุมและพัฒนาระบบให้เหมาะสมยิ่งขึ้น

สาขาวิชา วิศวกรรมโทรคมนาคม
ปีการศึกษา 2567

ลายมือชื่อนักศึกษา .....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

CHAIDECH ANGSUWAN: MAZE GAME ADJUSTMENT FOR BALANCE REHABILITATION USING WIRELESS PRESSURE SENSORS INSOLES AND REINFORCEMENT LEARNING.
THESIS ADVISOR: ASST. PROF. DR. WIPAWEE USAHA, 60 PP.

Keyword: Rehabilitation/Center of pressure/Reinforcement learning/Serious games/Smart insoles

Falls are a major concern among the elderly and those with mobility limitations, often leading to injuries, fear, and reduced quality of life. Physical therapy is effective for improving balance and restoring mobility. However, conventional rehabilitation methods can be repetitive and demotivating, reducing patient engagement in long-term therapy.

To address this issue, the SuraSole maze game was developed as a balance rehabilitation tool capable of automatically adjusting its difficulty levels based on the player's abilities using Reinforcement learning (RL) with Q-learning. The SuraSole maze game was designed to promote balance improvement through weight-shifting exercises in a maze format, utilizing Center of pressure (COP) data collected from SuraSole wireless sensor insoles. The RL system dynamically adjusts the game's difficulty level to match the player's balance status. This maze-based approach was chosen because such games can enhance motivation through fun, challenge, and engagement, with each level being adaptable to encourage player progression

SuraSole maze is considered to be Serious games (SG) for balance rehabilitation, which enables the collection of patient data during gameplay. Wearable sensors like SuraSole are particularly effective in capturing dynamic movement and balance data. The COP data allows therapists to analyze the patient's condition and design personalized training programs tailored to individual needs.

The experiment was conducted in two phases. The first phase involved training the RL model using simulated data with Python to develop an initial policy for selecting appropriate game levels based on COP values. This step aimed to optimize the model's ability to adjust the difficulty levels of game stages under different scenarios while reducing the training time of the RL algorithm. In the second phase, the experiment was conducted with 15 healthy volunteers aged 21–44 years. Participants played levels designed for individuals with poor balance to test the game's safety and the RL-based adaptive difficulty system. COP data, including RMS amplitude, RMS velocity, and COP velocity, were recorded before and during gameplay to assess balance improvements. Participant feedback on satisfaction and safety was also collected.

The experimental results showed that the SuraSole maze game improved the Balance score from a pre-play average of 89.6 ± 9.23 to 95.5 ± 1.6 post-play from a scale of 100, with a statistically significant difference ($p = 0.0161$). The RMS amplitude decreased in the medio-lateral and anterior-posterior directions from 0.12 ± 0.07 m to 0.08 ± 0.06 m and 0.070 ± 0.036 m to 0.068 ± 0.036 m, respectively. The RMS velocity decreased in the medio-lateral and anterior-posterior directions from 0.043 ± 0.046 m/s to 0.020 ± 0.010 m/s. The COP velocity also decreased from 0.0013 ± 0.0011 m/s to 0.0007 ± 0.0003 m/s, reflecting an overall improvement in balance control. Post-experiment surveys revealed that 75% of participants were satisfied with the game principles, and 96% agreed that the game was safe for use.

These findings indicate that the SuraSole maze game has the potential to serve as an effective balance rehabilitation tool, promoting recovery and possibly reducing fall risks among the elderly or individuals with balance impairments. Future studies should involve a more diverse sample of participants with varying balance issues to enhance the system's applicability and further refine its effectiveness.

School of Telecommunication Engineering
Academic Year 2024

Student's Signature .....ธียเกษ อังคุวรกุล.....
Advisor's Signature .....
Co-advisor's Signature .....