

TABLA DE CONTENIDOS

| | página |
|---|------------|
| Agradecimientos | I |
| Tabla de Contenidos | II |
| Índice de Figuras | IV |
| Índice de Tablas | VI |
| Resumen | VII |
| 1. Introducción | 8 |
| 1.1. Problema | 9 |
| 2. Revisión Bibliográfica | 13 |
| 2.1. Generación de estados iniciales para Sokoban | 13 |
| 2.2. Dificultad | 16 |
| 2.2.1. Resolución de niveles de Sokoban | 19 |
| 3. Marco Teórico | 20 |
| 3.1. Algoritmos Evolutivos | 20 |
| 3.1.1. Quality Diversity Algorithms | 21 |
| 3.1.2. Novelty Search Algorithm | 23 |
| 3.2. Monte-Carlo Tree Search | 23 |
| 3.3. Machine Learning | 24 |
| 4. Metodología | 27 |
| 4.1. Etapa de Inicialización | 27 |
| 4.1.1. Etapa de Construcción | 27 |
| 4.1.2. Etapa de preparación | 30 |
| 4.2. Etapa de evolución | 33 |
| 4.2.1. Genes | 34 |
| 4.2.2. Función de fitness | 34 |
| 4.2.3. Fases del algoritmo evolutivo | 35 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 4.2.4. | Limitaciones del algoritmo evolutivo | 40 |
| 4.3. | Estudio de usuario | 41 |
| 4.3.1. | Registro de usuarios | 41 |
| 4.3.2. | Conjunto de niveles | 42 |
| 4.3.3. | Recolección de datos por nivel | 43 |
| 4.3.4. | Experimentos | 43 |
| 4.4. | Metodología de desarrollo | 48 |
| 4.4.1. | Carta Gantt | 49 |
| 5. | Resultados | 51 |
| 5.1. | Métricas de entretención, dificultad y diversidad | 51 |
| 5.1.1. | Experimento evaluación de métricas por nivel | 51 |
| 5.1.2. | Experimento evaluación de diversidad | 54 |
| 5.2. | Correlación de dificultad | 55 |
| 5.3. | Resultados experimento niveles hechos por humanos versus PCG . . . | 58 |
| 6. | Conclusiones | 60 |
| 6.1. | Conclusiones respecto de las sub-hipótesis | 60 |
| 6.2. | Ejemplos de otros enfoques para la función de <i>fitness</i> | 61 |
| 6.3. | Trabajo futuro y consideraciones | 62 |
| 6.4. | Conclusión final | 63 |
| A: | Datos demográficos | 73 |
| B: | Sokoban | 76 |
| C: | JSoko | 79 |
| D: | Ejemplos de niveles creados | 81 |
| E: | Sokostigation: User testing App | 83 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | página |
|--|--------|
| 2.1. Ejemplos Wave Function Collapse | 18 |
| 4.1. Resumen ubicación de <i>templates</i> | 29 |
| 4.2. Resultado final fase construcción | 30 |
| 4.3. <i>Templates</i> utilizados en la etapa de construcción | 31 |
| 4.4. Goal range example | 33 |
| 4.5. Ejemplo de codificación de un nivel de Sokoban | 34 |
| 4.6. Cantidad de mutaciones efectuadas y rechazadas | 40 |
| 4.7. Ejemplo de nivel generado en un total de 112 minutos | 42 |
| 4.8. Flujo de la experiencia | 45 |
| 4.9. Panel de métricas | 46 |
| 4.10. Panel para que los usuarios evalúen diversidad | 47 |
| 4.11. Panel donde los usuarios eligen los niveles creados por humanos | 47 |
| 4.12. Ciclo iterativo y Kanban | 48 |
| 4.13. Planificación carta Gantt meses abril hasta julio | 50 |
| 5.1. Dificultad y entretención percibida conjunto de niveles 1 | 52 |
| 5.2. Dificultad y entretención percibida conjunto de niveles 2 | 53 |
| 5.3. Experiencia de los usuarios en Puzles y Sokoban | 54 |
| 5.4. Diversidad por cada subconjunto mostrado al usuario | 55 |
| 5.5. Niveles PCG confundidos con creaciones humanas | 58 |
| 5.6. Resumen datos obtenidos experimento humanos versus PCG | 59 |
| 5.7. Actividad niveles creados por humanos vs PCG | 59 |
| A.1. Nivel educacional de participantes del estudio de usuario | 74 |
| A.2. Edades de los participantes del estudio de usuario | 74 |
| A.3. Cantidad de niveles completos e incompletos en el conjunto de niveles 1 | 75 |
| A.4. Cantidad de niveles completos e incompletos en el conjunto de niveles 2 | 75 |
| B.1. Ejemplo de un nivel tradicional de Sokoban | 77 |
| B.2. Pasos para solucionar un nivel de Sokoban | 77 |
| B.3. Ejemplo de deadlock | 78 |

| | |
|--|----|
| C.1. Configuración posible para dar solución a un nivel de Sokoban en JSoko | 80 |
| D.1. Niveles generados con restricción de solo espacios de 3x3 | 81 |
| D.2. Niveles generados con restricción de solo espacios de 3x4 y 4x3 | 82 |
| E.1. Subconjunto 1 del conjunto 1 de niveles jugados en Sokostigation . . | 83 |
| E.2. Subconjunto 2 del conjunto 1 de niveles jugados en Sokostigation . . | 84 |
| E.3. Subconjunto 1 del conjunto 2 de niveles jugados en Sokostigation . . | 85 |
| E.4. Subconjunto 2 del conjunto 2 de niveles jugados en Sokostigation . . | 85 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | página |
|---|--------|
| 2.1. Resumen de métodos PCG para la generación de niveles en puzzles <i>Sokoban-type</i> [1] | 17 |
| 3.1. Analogía Biología - Algoritmos evolutivos | 21 |
| 3.2. Quality Diversity Algorithms | 22 |
| 3.3. Métodos aplicados en <i>Supervised Learning</i> | 25 |
| 3.4. Métodos aplicados en <i>Unsupervised Learning</i> | 26 |
| 3.5. Métodos aplicados en <i>Reinforcement Learning</i> | 26 |
| 4.1. Símbolos del formato de niveles de JSoko | 35 |
| 5.1. Resumen de las medianas obtenidas en entretención y dificultad . . . | 52 |
| 5.2. Resumen de los datos obtenidos para el conjunto de niveles 1 | 56 |
| 5.3. Resumen de los datos obtenidos para el conjunto de niveles 2 | 56 |
| 5.4. Valores R de Spearman y Pearson para distintas métricas de dificultad | 57 |