

УДК 519.813.7

ОПЫТ РАЗРАБОТКИ ИГР С ОПТИМАЛЬНЫМИ СТРАТЕГИЯМИ

Кульбий А.Л.

Солоненко Б.В.

к.т.н., профессор Рувинская В.М.

Одесский Национальный Политехнический Университет, УКРАИНА

АННОТАЦИЯ. В работе предложены подходы к разработке и описаны созданные компьютерные игры, использующие методы комбинаторной теории игр. Полученные результаты легли в основу дисциплины «Прикладные математические методы в разработке компьютерных игр».

Введение. Подготовка специалистов в области разработки компьютерных игр требует привлечения как специалистов в области программирования, так и многих других, в частности, математиков, психологов, менеджеров, художников, сценаристов. В рамках европейского проекта GameHUB, целью которого является кооперация между университетами Украины, европейских стран и игровой отраслью, планируется разработка серии учебных модулей. Один из них - это «Прикладные математические методы в разработке компьютерных игр» для студентов специальностей «Компьютерные науки», «Прикладная математика», «Программная инженерия», «Информационные технологии» уровня бакалавра и магистра, который знакомит с концепциями и методами комбинаторной теории игр [1] и машинного обучения.

Целью работы является создание подходов и на их основе разработка компьютерных игр, использующих математические методы комбинаторной теории игр.

Основная часть работы. В качестве подготовки для разработки лабораторных работ создана серия из шести игр, основанных на математической теории игры НИМ и теории Шпрага-Гранди. Во всех этих играх проигрывает тот, кто не может сделать ход:

- классический НИМ, когда за один ход из одной кучки камней можно взять любое количество камней;
- игра, когда из кучки камней можно брать только 2 либо 3 камня;
- игра, когда из кучки камней можно брать только 2 либо 4 камня;
- игра Гранди, в которой каждый ход игрока разделяет кучку камней на несколько кучек разного размера;
- игра «Бомбы», когда на поле в некоторых клетках находятся бомбы, и на каждом шаге игрок выбирает любую непустую клетку и подрывает бомбу в ней; если у данной клетки есть соседние бомбы, то они также подрываются;
- игра "Шашки": задано поле $3 \times N$, на котором в первом и третьем ряду стоят по N пешек - белых и черных, соответственно; первый игрок ходит белыми пешками, второй — черными; правила хода и удара - стандартные шахматные, за исключением того, что бить (при наличии такой возможности) обязательно.

Игрок имеет возможность выбрать очередность, то есть кто будет делать первый ход, а также в каждой из этих игр есть два режима работы: Игра с компьютером и Игра между двумя игроками. При Игре с компьютером введены несколько уровней сложности: Лёгкий, Нормальный, Максимальный, которые отличаются вероятностью оптимального хода (10, 50 и 95% соответственно). То есть Лёгкий уровень сложности подходит для начинающего игрока, а на Максимальном уровне при игре с компьютером программа почти всегда ходит по оптимальным стратегиям таким образом, чтобы по возможности после каждого хода переводить состояние игры в проигрышное для второго игрока. Далее опишем подробнее некоторые из разработанных игр.

В игре НИМ тип состояния, проигрышное/выигрышное, определяется значением XOR-суммы по кучкам, в остальных играх — значениями чисел Гранди, которые вычисляются по графу игры на основе теоремы Гранди и функции МЕХ (нахождение минимального числа, отсутствующего в последовательности неотрицательных целых чисел).

Игровое приложение состоит из 3 частей: 1) основные манипуляции с полем; 2) логика игры компьютера, то есть стратегии; 3) управление игрой: отображение поля и управление им.

Рассматриваемые игры разработаны студентами, принимающими участие в олимпиадах по программированию АСМ, по мотивам задач темы «Теория игр» [2, 3, 4].

Игра НИМ и подобные ей игры, где можно брать по 2 либо 3 и 2 либо 4 камня реализованы таким образом: при начале игры выполняется препроцессинг, в результате которого высчитываются числа Гранди для всех возможных кучек в этой игре. Если вывести первые 10 или больше чисел Гранди, заметна периодичность. Именно она используется для вычисления чисел Гранди. У игры НИМ число Гранди для каждой кучки – это её размер. В игре, где можно брать 2 либо 3 камня, период имеет длину 5 и состоит из следующих чисел "0 - 0 - 1 - 1 - 2". Игре, где можно брать 2 либо 4 камня, соответствует период из 6 чисел "0 - 0 - 1 - 1 - 2 - 2". Каждой кучке сопоставляется соответствующее ей число Гранди. После изменения состояния кучки её число Гранди обновляется. Новое число для обновления берётся из массива заранее высчитанных чисел Гранди для всех возможных кучек. Для определения, проигрышная или выигрышная данная позиция, достаточно вычислить XOR-сумму чисел Гранди всех кучек. Если она равна нулю - позиция проигрышная и при оптимальной игре противника всегда будет вести к проигрышу. В противном случае (если сумма не равна нулю) позиция выигрышная и при оптимальной игре каждого игрока всегда ведет к выигрышу.

В игре Гранди нет явной закономерности для вычисления чисел Гранди, поэтому расчет выполняется с помощью суммы игр (XOR-суммы пар кучек, на которые разбивается текущая) и последующего выполнение функции МЕХ.

В игре «Шашки», когда пешка первого игрока сделает ход вперед, следующим ходом противник будет обязан ее сбить, а потом первый игрок должен сбить пешку противника; потом снова он сбивает, и, наконец, пешка первого игрока собьет вражескую пешку и останется, "упершись" в пешку противника. Таким образом, если первый игрок в самом начале пошел пешкой в колонке $1 < i < N$, то в результате три колонки $[i - 1; i + 1]$ доски фактически удалятся, и произойдет переход к сумме игр размера $i - 2$ и $N - i - 1$. Предельные случаи $i = 1$ и $i = N$ приводят к доске размера $N - 2$. То есть числа Гранди $g[N]$ рассчитываются как функция МЕХ от множества, состоящего из $g[N - 2]$ и всевозможных значений выражения $g[i - 2] \text{ XOR } g[N - i - 1]$. При инициализации находятся числа Гранди для всей доски. По ходу игры, так как доска может уменьшаться в размерах, на каждом шаге игрока или компьютера обновляются числа Гранди. Если компьютер находится в выигрышной позиции, перебираются все доски во множестве. Если размер доски менее трех и, если без этой доски состояние игры переходит в проигрышное, делается ход в этой доске. Иначе перебираются все позиции в доске, если нашли позицию при которой игра переходит в проигрышное состояние, делается ход. Если компьютер находится в проигрышном состоянии, то делается первый доступный ход.

Выводы. В представленной работе описаны разработанные игры, использующие оптимальные стратегии теории игры НИМ и Шпраха-Гранди, которые легли в основу новой дисциплины, связанной с созданием компьютерных игр. Предложенные подходы используются, с одной стороны, при создании компьютерных игр для реализации оптимальной игры компьютера против игрока-пользователя; а, с другой стороны, такого рода игры применимы для обучения математической теории игр. В дальнейшем планируется разработка компьютерных игр, основанных на других математических теориях, в частности, на ретроспективном анализе. Результаты этой работы будут использованы в проекте ЕС Erasmus+KA2 "GameHub: университетско-предпринимательское сотрудничество в игровой индустрии в Украине" (рег.номер 561728-EPP-1-2015-1-ES-EPPKA2-SVNE-JP).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Теория игр, игра Ним [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://habrahabr.ru/post/124856/>
2. Задача «Игра» [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://www.e-olymp.com/ru/problems/5222>
3. Задача НИМ. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://www.e-olymp.com/ru/problems/1011>
4. Problem F. Bombing. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <http://kpi-open.org/static/uploads/kpi-open-2015-tasks/kpi-open-2015-round-2-en.pdf>.