

## ИНСТРУМЕНТЫ БАЛАНСИРОВАНИЯ ИГР

Г. Ф. Сахибгареева<sup>1</sup> [0000-0003-4673-3253], В. В. Кугуракова<sup>2</sup> [0000-0002-1552-4910],

Э. С. Большаков<sup>3</sup> [0000-0002-2208-9515]

<sup>1,2,3</sup> *Институт информационных технологий и интеллектуальных систем  
Казанского федерального университета, ул. Кремлевская, 35, г. Казань, 420008*

<sup>1</sup>gulnara.sahibgareeva42@gmail.com, <sup>2</sup>vlada.kugurakova@gmail.com,

<sup>3</sup>edward.bolshakov117@gmail.com

### **Аннотация**

Для раскрытия понятия игрового баланса и разработки подхода к автоматизации рутины при работе с игровой экономикой применены методы анализа данных и проведения экспериментов. По результатам анализа существующих определений выделены частный случай математического баланса и обобщенное дизайнерское определение игрового баланса. Благодаря анализу существующих подходов к балансированию и тестированию игр разработано видение собственного решения. На основе полученных выводов предложен подход к автоматизации балансирования в рамках генератора игрового прототипа. В качестве промежуточного итога представлены обновленная структура и порядок работы инструмента генерации игровых прототипов. Описаны перспективы дальнейшего развития исследований в данном направлении.

**Ключевые слова:** *игровой баланс, математический баланс, автоматическое балансирование игры, Machinations, генерация игровых прототипов.*

### **ВВЕДЕНИЕ**

В научном и коммерческом направлениях разработки игр сформировалось разностороннее представление о том, что такое баланс, как над ним работать, как автоматизировать рутинные действия на этапе тестирования экономической системы игры. В данной работе рассмотрены разные определения игрового баланса и представлено различие между частным понятием математического баланса и обобщенным дизайнерским понятием игрового баланса.

Эффективным и единственным на данный момент прикладным инструментом для создания экономической системы игры вне игровых движков является платформа *Machinations* [1]. Чтобы доказать эффективность этого инструмента по сравнению с традиционными методами документирования, ниже представлены результаты ряда экспериментов. В итоге сформировано собственное видение способа автоматизации процесса балансирования игровой математической модели нетривиальным способом генерации на основе данных, полученных из текста на естественном языке. Выбранный функционал необходим для работы генератора игровых прототипов, представленного в ряде наших ранних работ [2–10].

Основное достижение настоящей работы заключается в том, что на основании проведенного анализа представлены результаты экспериментов, а также планы дальнейшего развития инструмента, призванного решить проблемы оптимизации ресурсов при разработке игровых и интерактивных проектов.

В первом разделе представлен обзор литературы, связанной с определением «игрового баланса». Во втором разделе рассмотрены разработанные инструменты балансировки игр. В третьем разделе описан онлайн-редактор динамического математического баланса компьютерных игр *Machinations*, а также представлены результаты двух экспериментов, доказывающих его эффективность. В четвертом разделе описано наше видение автоматизации процесса балансирования игры для работы инструмента генерации игрового прототипа и сформулированы перспективы развития. В заключении подведены итоги работы и сделан вывод: такая задача, как балансирование игрового прототипа, может быть автоматизирована, что существенно повысит качество артефактов этапа создания концепции.

### **ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИГРОВОГО БАЛАНСА**

Единого мнения о том, что такое игровой баланс, нет, как и практик работы с ним. Однако такой баланс влияет на успех игры прямым образом. От него зависит то, понравится ли игрокам процесс, останутся ли они с проектом надолго и посоветуют ли его друзьям [11].

В обзорной статье [12] 2019 года на основе десятка определений проведен семантический анализ термина «игровой баланс». Рассмотрим некоторые из них в хронологическом порядке, чтобы проследить развитие значения этого понятия.

Начнем с 2005 года. В книге [13] ведущего дизайнера и сценариста компаний Ubisoft и Microsoft Studios Ричарда Роуза III тема игрового баланса иногда поднимается в интервью с игровыми дизайнерами. Из контекста становится понятно, что речь идет о математическом балансе. Суть этого компонента игрового проекта заключается в том, чтобы соотнести значения параметров, которые участвуют в процессе игры, таким образом, чтобы игрокам было не только интересно, но и комфортно.

Кроме этого, на примере дизайна уровней автор приходит к выводу, что интерактив, повествование, продвижение по уровню и другие аспекты игры связаны и должны поддерживать и не перебивать друг друга, «*быть в балансе*» в широком смысле.

В 2010 году сооснователь Global Game Jam и доцент кафедры интерактивных игр и медиа Рочестерского технологического института Ян Шрайбер в блоге «Game balance concepts» утверждал, что почти в каждой игре есть параметры, поддающиеся количественной оценке [14]. В этой работе тема математического баланса игр подробно освещена на примерах. Однако автор добавляет, что числовые значения параметров, которые принимают участие в игре, имеют смысл только *в контексте*, т. е. зависят от текущего повествовательного события. Помимо прочего, автор советует учитывать доступность информации игрокам, их способность обрабатывать информацию, их ожидания и даже внешние факторы. Всё это влияет на восприятие, значит, и на игровой опыт.

Новак в своей книге [15] в 2012 году, как и другие авторы Роллингс и Адамс в их книге [16] в 2003 году, отмечают зависимость игрового баланса от мастерства игроков, но также разделяют **статический и динамический балансы**.

Статический баланс включает правила, числа, отношения и взаимодействия, которые возникают в игровом процессе. В свою очередь, динамический баланс иллюстрирует то, как игроки влияют на статический баланс своими действиями в режиме реального времени.

Интересно, что на Youtube-канале «Extra Credits» в видео 2012 года «Perfect imbalance – why unbalanced design creates balanced play» доказано, что легкий игровой дисбаланс мотивирует отдавать предпочтение новым стратегиям поведения, т. е. обучаться за счет ощущения легкого дискомфорта [17].

---

Основатель Ludeon Studios Тайнан Сильвестр в книге [18] в 2013 озвучил тезис о том, что невозможно создать игру, в которой игроки с разным уровнем мастерства могли бы иметь равный шанс на успех.

Дизайнеры должны ориентироваться на целевую аудиторию, чтобы создать то, с чем она справится. Таким образом, в основе игрового процесса должна быть честная игра. При этом важно, чтобы в игре были доступны разные стратегии, чтобы игроки могли принимать взвешенное решение в пользу каждой из них. Однако любой баланс бесполезен, если он разрушает повествование, плавность и темп игры, доступность и ясность правил.

Профессор игрового дизайна Университета Карнеги-Меллона Джесси Шелл в удостоенной многих наград книге [19] в 2015 году аккумулировал большой объем знаний об игровом дизайне. В его работе можно найти противоречащие друг другу явления вызова и успеха, мастерства и удачи. Под балансированием здесь он подразумевает ориентацию на целевую аудиторию. Формулировка общая и расплывчатая, но она ярко иллюстрирует, что игровой баланс в разных контекстах подразумевает соответствующие вызовы. Подобное часто случается в игровой индустрии, ведь в ней сложно найти два проекта, которые разрабатывались бы одинаково.

Ряд научных статей, которые основаны на мнениях практиков, посвящены теоретическому и практическому изучению и расширению понятия игрового баланса.

Так, в статье [11] 2006 года авторы приходят к выводу, что хороший игровой баланс увлекает игрока, дольше удерживая в игре. В этой работе приведены требования к динамическому балансу, который комфортен игрокам: игра адаптируется к начальному уровню навыков игроков, к развитию мастерства и остается правдоподобной.

В более поздней работе [20] 2018 года адаптивность игрового баланса авторы связывают с эмоциями и утверждают, что игра нравится игрокам, если она вызывает удовольствие, а не скуку или разочарование (казалось бы, очевидный вывод, однако существует немало примеров, которые работают не по так называемой дофаминовой петле – зависимости от удовольствия).

По итогу анализа упомянутых определений можно составить следующую картину: игра сбалансирована, если её сложность зависит от навыков целевой аудитории. Лучше всего, чтобы она адаптировалась под игроков в процессе игры.

Однако важно, чтобы игра бросала вызов, чтобы игроки испытывали чувство достижения. Нельзя рассматривать математический баланс в отрыве от остальных частей игры (интерактива, повествования, продвижения по уровню и др. [13]), всё связано и формирует контекст. Соответственно, все части игры должны находиться в балансе.

Игра должна приносить удовольствие, быть честной, справедливой, не вызывать излишние фрустрацию и скуку. Игра должна предоставлять разные стратегии, а не призывать использовать привычные тактики.

Справедливо упомянуть, что игровой баланс – это также инструмент дизайнера, и если разработчики преднамеренно хотят создать состояние дискомфорта, то можно, соответственно, чрезмерно снизить или повысить сложность игры.

В силу перечисленных выше тезисов мы выделим следующие определения математического и игрового балансов.

**Математический баланс** выражается в параметрах и функциях, в математической модели игры, в экономической системе. По-другому, математический баланс часто называют игровой экономикой.

**Игровой баланс** подразумевает контекст, от которого зависит математический баланс. Контекстом могут выступать части повествования (сценария), уникальные игровые события, правила здравого смысла, объективное восприятие игровой ситуации дизайнером или игроком.

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕСТИРОВАНИЯ И БАЛАНСИРОВАНИЯ**

### **Связанные работы**

Тестирование игр и, в частности, исполнения правил, заложенных в математический и игровой балансы, желательно проводить в большой аудитории. Однако тестировать игровые системы при помощи автотестов зачастую невозможно, так как каждая из игр представляет обычно уникальный продукт. И всё же способы автома-

тизации тестирования и балансирования игр уже существуют. Рассмотрим ряд работ, которые иллюстрируют работу подобных подходов.

Чтобы найти возможные игровые стратегии, применяют *коэволюционный метод*. Такой метод протестировали в игре «Захват флага» [21].

Для того чтобы оптимизировать тестирование, можно *формализовать* игровой процесс [22]. Однако такой подход локальный, его нельзя масштабировать на прочие игры.

Благодаря генеративному моделированию можно создавать архетипы игроков и далее тестировать игры с помощью *поиска по дереву методом Монте-Карло* синтетическими ИИ<sup>1</sup>-тестирующими. Такой подход применен для игр Dungeon Crawl [23]. Кроме того, поиск по дереву методом Монте-Карло использован для балансирования стохастических игр [24], а также игр жанра tower defense [25].

Балансирование также возможно с помощью *эволюционных алгоритмов* ИИ. На примере аркадной игр Ms. Pac-Man и RTS StarCraft данный способ показал свою продуктивность [26]. Эволюционный алгоритм многокритериальной оптимизации применен для балансирования карточной игры Top Trumps [27].

Работа над математическим балансом возможна с помощью моделирования взаимосвязи между игровой динамикой и механикой. Оценка динамики игры может быть основана на *методах оператора Купмана* [28].

Предсказывать сложность недетерминированных игр-головоломок «три в ряд» можно с помощью *свёрточных нейронных сетей* [29].

Для работы с математическим балансом пошаговой стратегической игры Com-Pet был создан *генетический алгоритм* [30].

Для шутера с заданной продолжительностью игры для генерации сбалансированных уровней использованы *эволюционные вычисления* [31].

Интеллектуальные агенты могут быть созданы разными технологиями на основе поведения игроков. В одной из последних работ [32] авторы констатируют, что предшествующие подходы в области автоматизации тестирования игр решают проблему, в основном, эвристическими и обобщенными методами, оптимизируя данные о поведении игроков в виде нереалистичных архетипических

---

<sup>1</sup> ИИ – искусственный интеллект.

агентов – не удовлетворяя потребности в разнообразном тестировании. В противоположность этому авторы предлагают *подход глубокого моделирования поведения игрока*, Deep Player Behavior Modeling (DPBM), идея которого состоит в том, что у интеллектуальных агентов есть индивидуальность, которая имитирует поведение реальных игроков более достоверно. Обучение происходит на наборе данных игры Aion [33].

Интересно, что в большинстве работ их авторы приходят к выводу, что математический баланс зависит от контекста конкретной игры. Поэтому так интересно проанализировать работы в направлении интерактивного цифрового повествования, в котором контекст первичен. Например, балансировать события, которые происходят в игре, можно на основе биосигналов игрока [34]. Ожидания в таком случае удовлетворяются с помощью *модели эмоций*.

Вывод, который можно сделать на основе анализа существующих подходов, следующий: авторы перечисленных подходов [21–34] чаще склоняются к использованию ИИ и признают, что математический баланс зависит от контекста. Игровой баланс включает в себя и математическую модель игры, и реакции игроков, которые в свою очередь влияют на эту модель.

### **Machinations для создания математического баланса**

На данный момент единственной платформой для разработки и прогнозирования игровых экономик и систем для премиума, free2play и play2earn игр является инструмент Machinations [1]. Он разработан группой игровых разработчиков с большим опытом работы и предназначен для создания и воспроизведения динамического математического баланса игры. Инструмент позволяет проектировать, балансировать и моделировать игровую экономику в виде динамических диаграмм, которые можно воспроизвести, чтобы посмотреть изменения системы в режиме реального времени.

Принцип работы Machinations необходимо подкрепить конкретным примером. Диаграмма [35] иллюстрирует поведение двух NPC из игры The Elder Scrolls V: Skyrim [36]. Первый – из самого маленького поселения Винтерхол, второй – из Виндхельм, самого большого и густонаселенного. В названной работе сопостав-

лены два способа работы: документирование требований к поведению NPC<sup>2</sup> и создание диаграмм в Machinations. Один из примеров диаграммы иллюстрирует поведение NPC, действия которого не зависят от времени суток.

На рис. 1 схематично изображено следующее: каждый день длится 1440 минут, именно столько ресурса поступает из доступного источника (источка) в накопитель (пул) в начале дня. Каждую минуту уничтожается одна единица ресурса времени. Ввиду того, что любое число больше нуля, единственный ресурс во втором пуле будет постоянно пребывать в одном состоянии, и поведение NPC будет постоянным в течение дня.

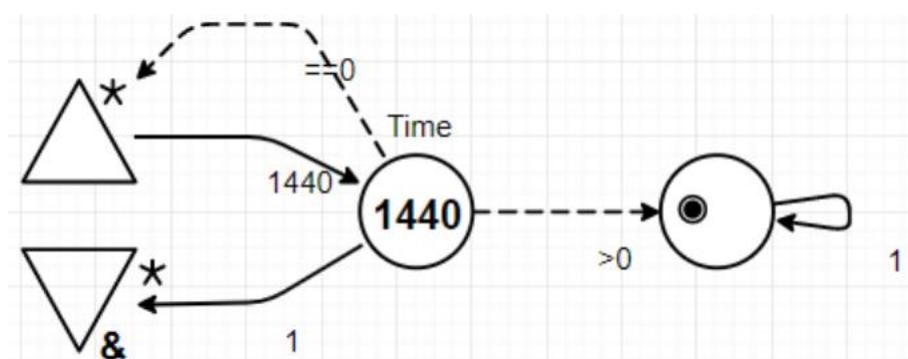


Рис. 1. Пример простой диаграммы баланса

Во фрагменте сложного поведения NPC показано, как ресурс изо дня в день движется по одним и тем же шагам сценария всегда в один и тот же период времени (рис. 2), что иллюстрирует одинаковое поведение NPC каждый день.

После оценки времени, затраченного на сборку диаграммы в редакторе Machinations и при ручном документировании игровых балансов, были сделаны выводы об эффективности использования диаграмм. Также диаграммы позволяют отказаться от объемных текстовых документов, предлагая максимальную репрезентативность.

### **Machinations для автоматизации математического баланса**

Другой эксперимент показал, что Machination показывает хорошие результаты для автоматизации балансирования существующей игровой экономики [37].

<sup>2</sup> NPC (сокр. англ. Non-Player Controller) – неигровой персонаж в игре, который имеет свою логику поведения.



Сбалансированность диаграммы оценивается по количеству ходов боя. Построенная диаграмма была автоматически сбалансирована до желаемого состояния в результате многократной симуляции игрового процесса и корректировки.

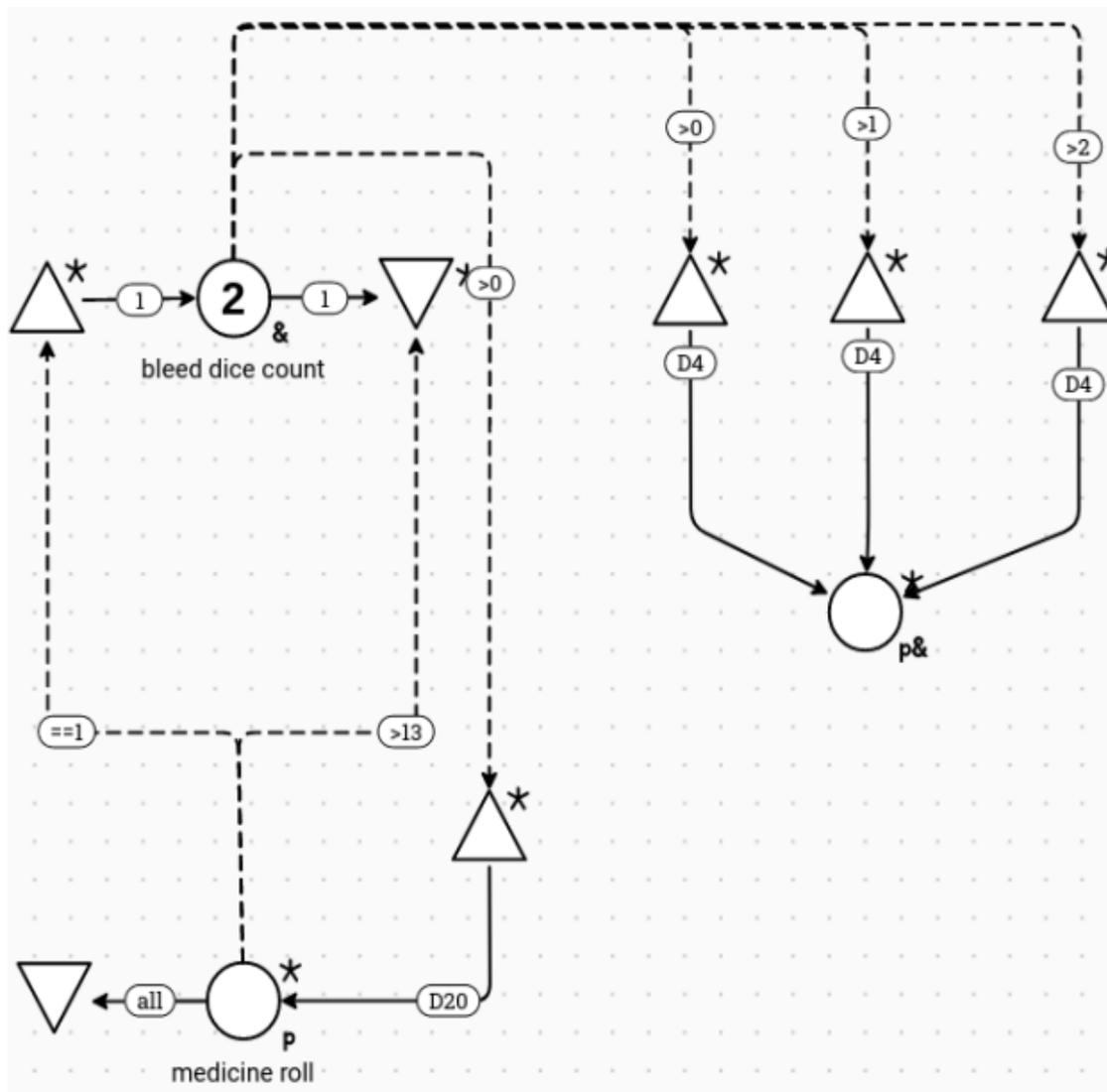


Рис. 3. Диаграмма баланса механики кровотечения

Пул «medicine roll» проверяет медицинские навыки персонажа с кровотечением. Если проверка покажет наличие таких навыков, то кровотечение уменьшится. В противном случае кровотечение усилится.

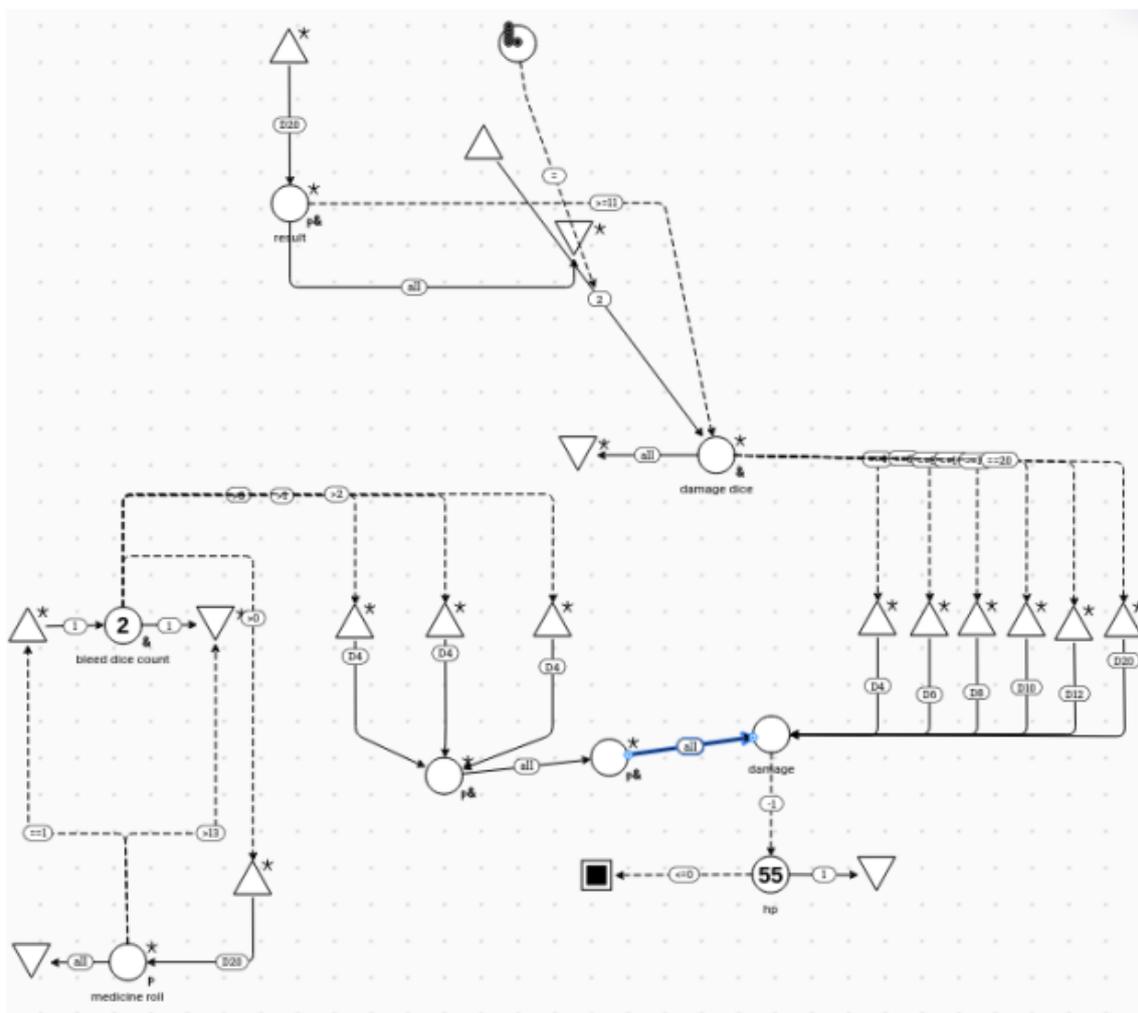


Рис. 4. Механика кровотечения в общей диаграмме

Пул «bleed dice count» отвечает за то, сколько конкретно крови потеряет игрок. Данный компонент отвечает за то, чтобы передавать информацию о том, сколько урона получает игрок от кровотечения.

В Machinations можно отправить необходимые параметры, которые будут корректировать диаграмму и составлять баланс игры (рис. 4). Чтобы подтвердить качество сгенерированных значений, алгоритм проверяет полученные данные и изменяет их с определенным шагом до тех пор, пока значения не удовлетворяют правилам сбалансированности. Так, в описанном эксперименте в результате имитаций 40 боевых ситуаций средняя длительность боев составила семь шагов.

Автоматическая генерация и проверка баланса составили чуть более трех часов. В то время, как ручная проверка может затянуться на дни и недели.

Эксперимент позволяет прийти к выводу, что автоматическое балансирование значительно сокращает время на разработку и повышает качество результата.

### **ИНТЕГРАЦИЯ ИНСТРУМЕНТА БАЛАНСИРОВАНИЯ В ГЕНЕРАТОР ИГРОВЫХ ПРОТОТИПОВ**

Два эксперимента, описанных выше, показали, что динамические диаграммы математического баланса эффективны, сокращают время разработки и не требуют глубоких технических знаний и навыков.

В ходе разработки инструмента генерации игровых прототипов, описание которого представлено в ряде работ [2, 4, 6, 9], были получены подходы для автоматизации создания контента на основе данных, взятых из текстовой документации. Практический опыт работы над балансом игры показывает, что документирование математических функций, составляющих игровую экономику, происходит так же, как и предъявление требований для визуализации или кода – через текст. Более того, связь с контекстом формирует зависимость числовых значений. Например, из предложения «чем персонаж ближе к смерти, тем сильнее его удары» можно извлечь информацию о следующей зависимости: «чем меньше у персонажа игрока здоровья, тем больший урон наносят его удары по вражеским персонажам».

Чтобы рассмотреть более сложный пример, понадобится готовая диаграмма *Machinations*, признанная в открытом сообществе ресурса (комьюнити *Machinations*) как корректная [39]. Суть работы этой диаграммы в том, что из определенных ресурсов можно строить здания и другие игровые объекты. Всего в диаграмме пять рецептов. Более того, есть зависимость между ними: какие-то из них недоступны до тех пор, пока не будет использован предыдущий.

В случае, если данная диаграмма была бы одним из выходных файлов работы генератора игровых прототипов, входной текст на естественном языке, который описывает суть в художественной форме, мог бы быть следующим: «Игрок стоит у реки. Рядом с ним склад с досками. Игрок строит из досок мост и переходит по нему через реку. Игрок собирает камни и строит из них дом. Затем он пристраивает к дому террасу из досок и камней. После этого игрок создает арку для выхода из террасы из досок и камня. Из остатков досок игрок собирает скамейку».

На рисунке ресурсы и рецепты, которые упоминаются в тексте, подписаны соответствующим образом (рис. 5).

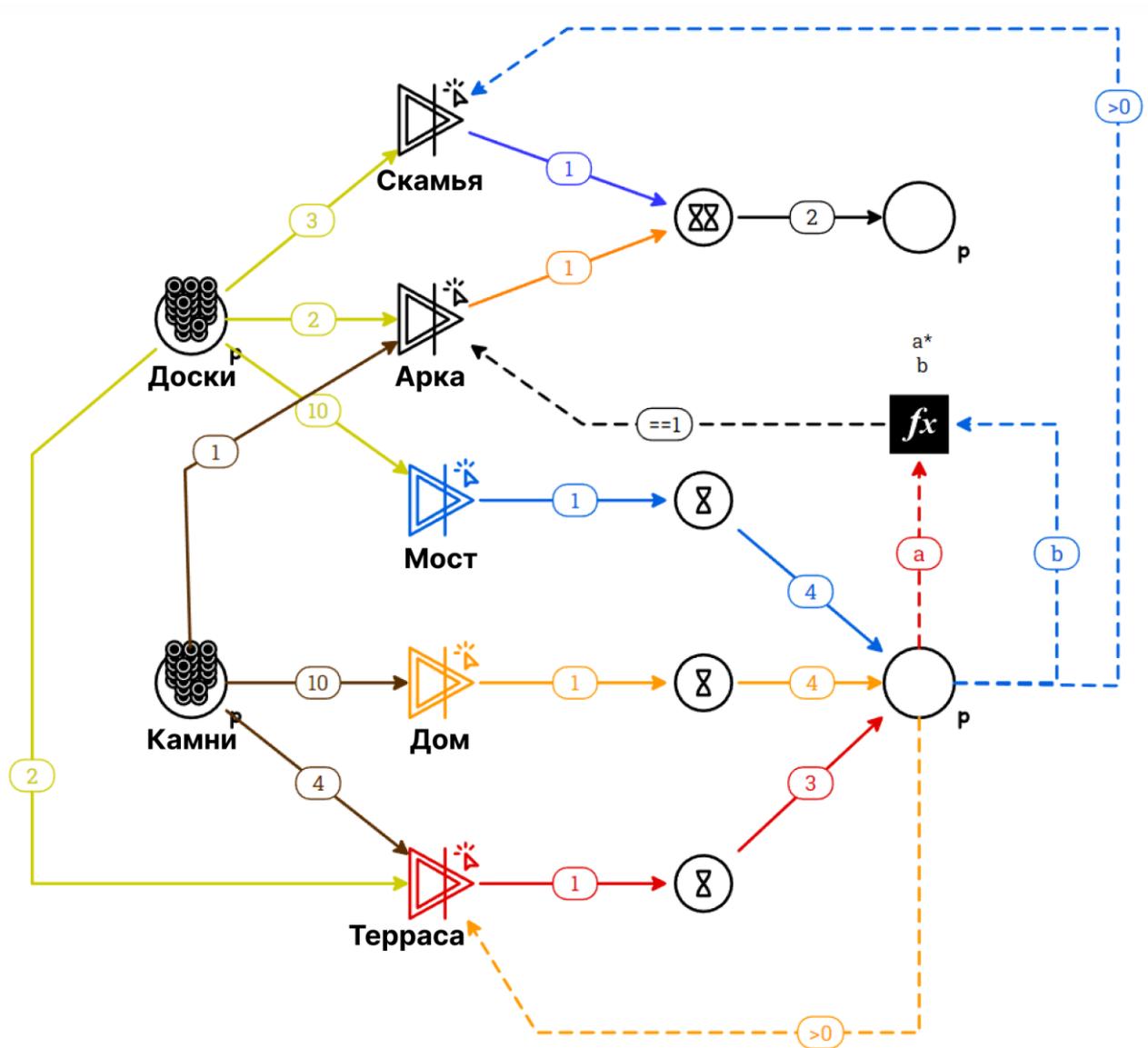


Рис. 5. Диаграмма ресурсов и рецептов

Проанализируем обновленную структуру инструмента генерации сценарного прототипа с точки зрения игрового баланса (рис. 6).

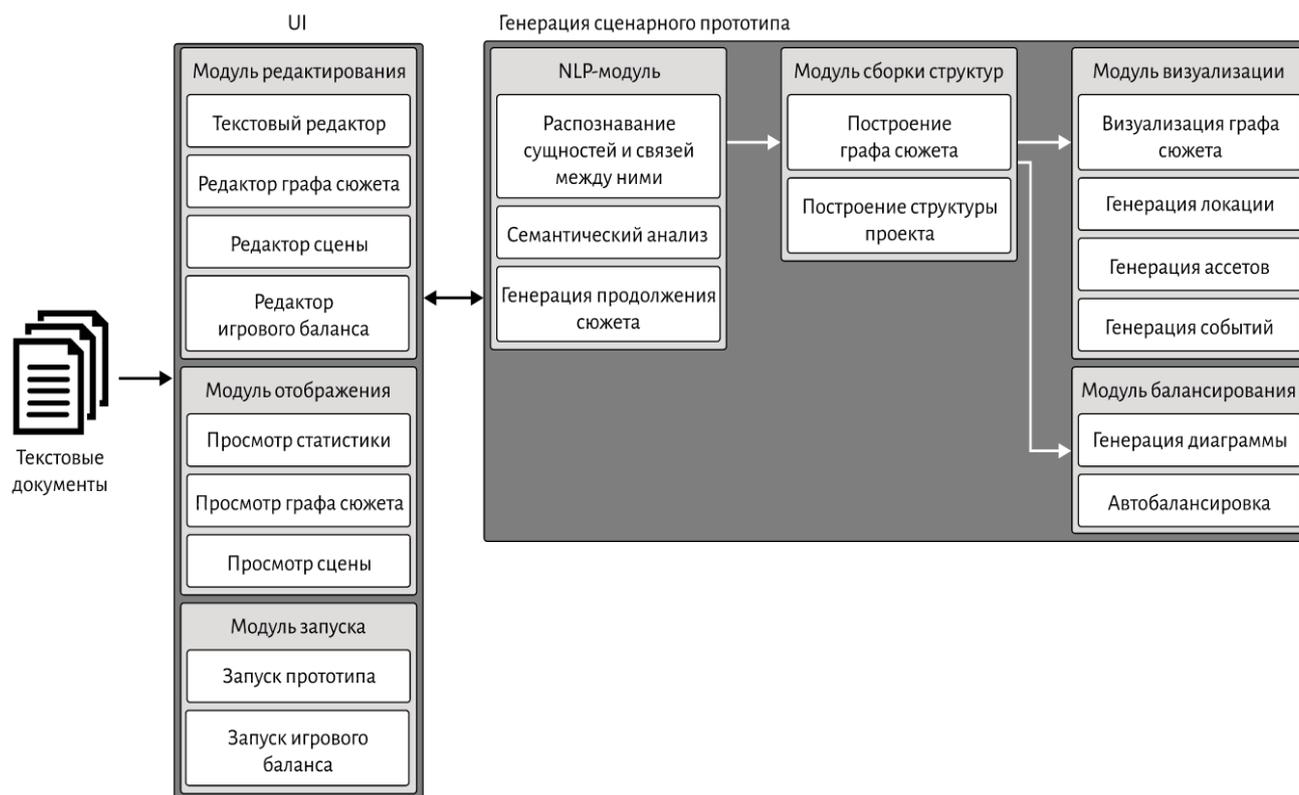


Рис. 6. Структура инструмента генерации сценарного прототипа

Инструмент принимает на вход набор текстовых документов. Первый этап, который проходит тест, это распознавание сущностей и связей между ними. В более ранних работах выделялись локации, персонажи и артефакты сценария, всевозможные предметы, без которых повествование невозможно [2, 40, 41]. Данная задача решается классическими методами NLP<sup>3</sup>.

Однако возможно расширение анализируемых параметров. Например, благодаря использованию таких характерных эпитетов, как «мощная атака», «быстрый удар», «уворот» и т. п., можно формализовать параметры усилений и способностей, доступных игроку в текущем контексте событий.

Таким образом, предполагается, что в документации содержится вся информация, необходимая для анализа. Перевод этой информации на язык параметров и функций значительно облегчает программирование и реализацию игры.

<sup>3</sup> NLP – Natural Language Processing, обработка естественного языка.

На первых порах решение о присвоении той или иной схемы игрового баланса для текущего контекста может решаться присвоением наиболее подходящего шаблона из готового набора. В дальнейшем данный этап может быть полностью автоматизирован.

Параметры, извлеченные для игрового баланса можно, заполнить автоматически в случайном порядке, таких данных достаточно для тестирования. В дальнейшем, в результате исследования большого количества существующих систем возможно более осмысленное присвоение значений. В данном вопросе уместно применение алгоритмов машинного обучения.

И, наконец, полученную модель игрового баланса можно воплотить в виде логики и кода, используя возможности визуального программирования и готовых библиотек.

При всей амбициозности идеи генерации игр из текста необходимо помнить, что честный взгляд на автоматическую генерацию цифрового контекста – это, в первую очередь, лояльность по отношению к артефактам генерации и неточностям. Задача автоматизации может не решать проблему производства качественного контента, но может ускорять этап прототипирования, что может позволить задействовать минимальное количество специалистов.

Необходимость в делегировании рутинной работы имеется в любых компаниях производства интерактивных проектов. Данный факт подтверждает опыт работы авторов статьи. Любой творческий проект затормаживает этап, когда существует неопределенность в том, какое решение для реализации задачи будет правильным, выигрышным.

Попытка манипулировать параметрами уже была предпринята в опубликованных работах [9, 40 – 42]. Успех в реализации малых задач говорит о том, что в дальнейшем локальные задачи можно будет объединить под эгидой объёмного многокомпонентного инструмента, способного заменить, а где-то и предложить новый способ решения задач разработки и прототипирования.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Определение игрового баланса многогранно. Примечательно, что математический баланс не должен существовать вне контекста, должен зависеть от сценария и игрового дизайна. Зависимость числовых значений экономики игры и настроения повествования позволяет игрокам получать комфортный и интересный опыт.

На сегодняшний день существует множество подходов к работе над балансом игры. Большая часть из них использует технологии ИИ. Подходы балансирования направлены как непосредственно на процессы разработки игры, так и на процессы создания игрового повествования.

Ряд экспериментов показал, что эффективным способом балансирования является работа с инструментом *Machinations*. Его потенциал можно использовать для автоматизации тестирования и корректирования математического баланса (игровой экономики). Кроме того, его применение в конвейере генерации игровых прототипов делает его неотъемлемой частью оптимизации этапа проектирования игры.

На основе анализа актуальных источников получено представление о том, как интегрировать функцию автоматического балансирования в инструмент генерации игровых прототипов. Представлена обновленная структура работы инструмента.

Следующие четыре задачи на будущее формируют цель разработки функции автоматической генерации игрового баланса на основе текста на естественном языке:

1. создание адаптированных под разработку интерактивных проектов алгоритмов обработки игровой документации для извлечения параметров и составных математических функций из текста на естественном языке;
2. обработка извлеченных данных для генерации игровой экономики, зависящей от повествовательного контекста;
3. создание алгоритмов автоматического балансирования игровой модели на основе интеллектуального тестирования;

4. имплементация полученного игрового баланса в виде игровой логики в игровые проекты, которые получаются на выходе из инструмента генерации игровых прототипов.

Необходимо также отметить, что, будучи законченным, инструмент автоматической балансировки игр в разы сократит ресурсы на их разработку, в особенности для независимых разработчиков, а также повысит качество цифрового контента.

### **Благодарности**

Работа выполнена за счет средств Программы стратегического академического лидерства Казанского (Приволжского) федерального университета («ПРИОРИТЕТ-2030»).

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Machinations. URL: <https://machinations.io/>.
2. Сахибгареева Г.Ф., Кугуракова В.В. Концепт инструмента автоматического создания сценарного прототипа компьютерной игры // Электронные библиотеки. 2018. Т. 21. № 3–4. С. 235–249.
3. Сахибгареева Г.Ф., Бедрин О.А., Кугуракова В.В. Разработка компонента генерации визуализации сценарного прототипа видеоигр // Труды XXII Всероссийской научной конференции «Научный сервис в сети Интернет». ИПМ им. М.В. Келдыша. 2020. С. 581–603. <https://doi.org/10.20948/abrau-2020-4>.
4. Сахибгареева Г.Ф., Бедрин О.А., Кугуракова В.В. Раскадровка как одно из представлений сценарного прототипа компьютерных игр // Электронные библиотеки. 2021. Т. 24. № 2. С. 408–444.
5. Sahibgareeva G.F., Bedrin O.A., Kugurakova V.V. Visualization Component for the Scenario Prototype Generator as a Video Game Development Tool // Proceedings of the 22nd Conference on Scientific Services & Internet. CEUR Workshop Proceedings. 2020. V. 2784. P. 267–282.
6. Кугуракова В.В., Сахибгареева Г.Ф., Нгуен А.З., Астафьев А.М. Пространственная ориентация объектов на основе обработки текстов на естественном языке для генерации раскадровок // Электронные библиотеки. 2020. Т. 23. № 6. С. 1213–1238.

7. *Сахибгареева Г.Ф.* Применимость разветвленных структур для генерации сценарных прототипов видеоигр // 65-я Международная научная конференция Астраханского государственного технического университета. 2021. С. 596–600.
  8. *Сахибгареева Г.Ф., Кугуракова В.В.* Прототипирование вариативности сюжета компьютерных игр // Труды XXIII Всероссийской научной конференции «Научный сервис в сети Интернет». ИПМ им. М.В. Келдыша. 2021. С. 347–360. <https://doi.org/10.20948/abrau-2021-11>.
  9. *Сахибгареева Г. Ф., Кугуракова В. В.* Редактор интерактивной структуры для инструмента генерации сценарных прототипов // Электронные библиотеки. 2022. Т. 24. № 6. С. 1184–1202.
  10. *Sahibgareeva G.F., Kugurakova V.V.* Branched Structure Component for a Video Game Scenario Prototype Generator // Proceedings of the 23rd Conference on Scientific Services & Internet. CEUR Workshop Proceedings, 2021. V. 3066. P. 101–111. <https://doi.org/10.20948/abrau-2021-10-ceur>.
  11. *Andrade G., Ramalho G., Gomes A.S., Corruble V.* Dynamic game balancing: An evaluation of user satisfaction // Proceedings of the 2nd Conference on Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment. AAAI Digital Library. 2006. V. 2. No. 1. P. 3–8.
  12. *Becker A., Görlich D.* Game balancing — A semantical analysis // First International Workshop on Video Games, Gamification and Educational Innovation. CEUR Workshop Proceedings. 2019. V. 2486. P. 344–359.
  13. *Rouse R.* Game design: Theory and practice // Plano: Jones & Bartlett Learning. 2005. 704 p.
  14. Game balance concepts.  
URL: <http://gamebalanceconcepts.wordpress.com/>.
  15. *Novak J.* Game development essentials: an introduction // Cengage Learning. 2012. 510 p.
  16. *Rollings A., Adams E.* Andrew Rollings and Ernest Adams on game design. Indianapolis: New Riders Publishing. 2003. 621 p.
  17. Perfect imbalance — why unbalanced design creates balanced play.  
URL: <https://youtu.be/e31OSVZF77w>.
-

18. *Sylvester T.* Designing games: A guide to engineering experiences. Sebastopol: O'Reilly Media. 2013. 413 p.
19. *Schell J.* The Art of Game Design: A Book of Lenses. Boca Raton: A K Peters/CRC Press. 2015. 600 p.
20. *Tijs T.J.V, Brokken D., IJsselsteijn W.A.* Dynamic game balancing by recognizing affect // Second International Conference «Fun and Games». Springer-Verlag GmbH. 2008. V. 5294. P. 88–93.
21. *Leigh R., Schonfeld J., Louis S.J.* Using coevolution to understand and validate game balance in continuous games // 10th annual conference on Genetic and Evolutionary Computation. ACM. 2008. P. 1563–1570.  
<https://doi.org/10.1145/1389095.1389394>.
22. *Volz V., Rudolph G., Naujoks B.* Demonstrating the feasibility of automatic game balancing // Genetic and Evolutionary Computation Conference. Association for Computing Machinery. 2016. P. 269–276.
23. *Holmgard C., Green M., Liapis A., Togelius J.* Automated playtesting with procedural personas through MCTS with evolved heuristics // IEEE Transactions on Games. 2018. V. 11. No. 4. P. 352–362.
24. *Keehl O., Smith A.M.* Monster carlo 2: Integrating learning and tree search for machine playtesting // IEEE Conference on Games. 2019. P. 1–8.
25. *Beau P., Bakkes S.* Automated game balancing of asymmetric video games // IEEE Conference on Computational Intelligence and Games. IEEE. 2016. P. 333–340.
26. *Moroşan M., Poli R.* Automated Game Balancing in Ms PacMan and StarCraft Using Evolutionary Algorithms // 20th European Conference on the Applications of Evolutionary Computation. Springer, 2017. V. 10199. P. 377–392.
27. *Volz V., Rudolph G., Naujoks B.* Demonstrating the feasibility of automatic game balancing // Genetic and Evolutionary Computation Conference. ACM. 2016. P. 269–276.
28. *Avila A.M., Fonoberova M., Hespanha J.P., Mezic I., Clymer D., Goldstein J., Pravia M.A., Javorsek D.* Game Balancing using Koopman-based Learning // American Control Conference. IEEE. 2021. P. 710.

29. *Gudmundsson S.F., Eisen P., Poromaa E., Nodet A., Purmonen S., Kozakowski B., Meurling R., Cao L.* Human-like playtesting with deep learning // IEEE Conference on Computational Intelligence and Games. IEEE. 2018. P. 1–8.

30. *Morosan M., Poli P.* Lessons from Testing an Evolutionary Automated Game Balancer in Industry // Games, Entertainment, Media Conference. IEEE. 2018. P. 263–270.

31. *Karavolos D., Liapis A., Yannakakis G.N.* Using a Surrogate Model of Gameplay for Automated Level Design // IEEE Conference on Computational Intelligence and Games. IEEE. 2018. P. 1–8.

32. *Pfau J., Liapis A., Yannakakis G.N., Malaka R.* Dungeons & Replicants II: Automated Game Balancing Across Multiple Difficulty Dimensions via Deep Player Behavior Modeling // IEEE Transactions on Games. 2022. P. 1–11.

33. The Tower of Aion. URL: <https://www.ncsoft.jp/aion/>.

34. *Dworak W., Filgueiras E., Valente J.* Automatic Emotional Balancing in Game Design: Use of Emotional Response to Increase Player Immersion // 9th International Conference on Design, User Experience, and Usability. Springer. 2020. V. 12201. P. 426–438.

35. *Черечукина А.Н.* Содержание GDD как требований к разработке программного обеспечения // Казанский федеральный университет. 2019. 47 с. URL: [https://kpfu.ru/student\\_diplom/10.160.178.20\\_236517\\_F\\_Cherechukina\\_1\\_.pdf](https://kpfu.ru/student_diplom/10.160.178.20_236517_F_Cherechukina_1_.pdf).

36. The Elder Scrolls V: Skyrim.  
URL: <https://elderscrolls.bethesda.net/ru/skyrim>.

37. *Галимзянов Г.Р.* Разработка инструмента автоматической корректировки внутриигровых параметров // Казанский федеральный университет. 2021. 35 с. URL: [https://kpfu.ru/student\\_diplom/10.160.178.20\\_TXB9250VCS6S6OVSL-ZOCXQDP4J7WFCRV\\_\\_J7FXN80EEZNIXS6Q\\_Galimzyanov.pdf](https://kpfu.ru/student_diplom/10.160.178.20_TXB9250VCS6S6OVSL-ZOCXQDP4J7WFCRV__J7FXN80EEZNIXS6Q_Galimzyanov.pdf).

38. Dungeons & Dragons. URL: <https://dnd.wizards.com/>.

39. Machination. URL: <https://machinations.io/templates/book/figure-6-47-rts-building-mechanics-game-mechanics-advanced-game-design-book/>.

40. *Доброквашина А.С., Газизова Э.А.* Автоматизация проектирования игрового прототипа на основании обработки формализованного игрового дизайн-

документа // Ученые записки Института социальных и гуманитарных знаний, 2019. Т. 17. № 1. С. 583–589.

41. Вакатов С.А. Разработка инструмента вариативности сюжета с запуском прототипа в виде текстовой игры // Казанский федеральный университет. 2021. 36 с. URL: [https://kpfu.ru/student\\_diplom/10.160.178.20\\_TTKKD9XW59RG5L7TVLTB73YPTISE59Y16W5D1U435WOXWI10US\\_Vakatov.pdf](https://kpfu.ru/student_diplom/10.160.178.20_TTKKD9XW59RG5L7TVLTB73YPTISE59Y16W5D1U435WOXWI10US_Vakatov.pdf).

42. Вакатова Э.С. Разработка функционала генерации продолжения сюжета для инструмента прототипирования сюжета в компьютерных играх // Казанский федеральный университет. 2021. 34 с. URL: [https://kpfu.ru/student\\_diplom/10.160.178.20\\_PQK51KDGAPZ5Z82IKYY69MV84PCLTPERV0NNYJ33B7P5T7NJFP\\_F\\_Vakatova.pdf](https://kpfu.ru/student_diplom/10.160.178.20_PQK51KDGAPZ5Z82IKYY69MV84PCLTPERV0NNYJ33B7P5T7NJFP_F_Vakatova.pdf).

---

## GAME BALANCE TOOLS

G. F. Sahibgareeva<sup>1</sup> [0000-0003-4673-3253], V. V. Kugurakova<sup>2</sup> [0000-0002-1552-4910],  
E. S. Bolshakov<sup>3</sup> [0000-0002-2208-9515]

<sup>1, 2, 3</sup>*Institute of Information Technologies and Intelligent Systems, Kazan (Volga Region) Federal University, ul. Kremlyovskaya, 35, Kazan, 420008*

<sup>1</sup>gulnara.sahibgareeva42@gmail.com, <sup>2</sup>vlada.kugurakova@gmail.com,

<sup>3</sup>edward.bolshakov117@gmail.com

### Abstract

To disclose the concept of game balance and to develop an approach to automate the routine when working with game economics, methods of data analysis and experimentation were applied. According to the results of the analysis of existing definitions, a special case of mathematical balance and a generalized design definition of game balance were singled out. By parsing the existing approaches for balancing and testing games, a vision of our own solution was developed. Based on the findings, an approach for automating balance within a game prototype generator has been proposed. As an intermediate result, an updated structure and operation procedure of the game prototype generation tool were presented. The prospects for further development in this direction are given.

---

**Keywords:** *game balance, mathematical balance, automatic game balancing, Machinations, game prototypes generation*

## REFERENCES

1. Machinations. URL: <https://machinations.io/>.
2. *Sahibgareeva G.F., Kugurakova V.V.* Koncept instrumenta avtomaticheskogo sozdaniya scenarnogo prototipa komp'yuternoj igry // *Russian Digital Library Journal*. 2018. V. 21. No 3–4. P. 235–249.
3. *Sahibgareeva G.F., Bedrin O.A., Kugurakova V.V.* Razrabotka komponenta generacii vizualizacii scenarnogo prototipa videoigr // *Trudy XXII Vserossijskoj nauchnoj konferencii «Nauchnyj servis v seti Internet»*. IPM im. M.V. Keldysha. 2020. S. 581–603. <https://doi.org/10.20948/abrau-2020-4>.
4. *Sahibgareeva G.F., Bedrin O.A., Kugurakova V.V.* Raskadrovka kak odno iz predstavlenij scenarnogo prototipa komp'yuternyh igr // *Russian Digital Library Journal*. 2021. V. 24. No 2. P. 408–444.
5. *Sahibgareeva G.F., Bedrin O.A., Kugurakova V.V.* Visualization Component for the Scenario Prototype Generator as a Video Game Development Tool // *Proceedings of the 22nd Conference on Scientific Services & Internet. CEUR Workshop Proceedings*. 2020. V. 2784. P. 267–282.
6. *Kugurakova V.V., Sahibgareeva G.F., Nguen A.Z., Astaf'ev A.M.* Prostranstvennaya orientaciya ob'ektov na osnove obrabotki tekstov na estestvennom yazyke dlya generacii raskadrovok // *Russian Digital Library Journal*. 2020. V. 23. No 6. P. 1213–1238.
7. *Sahibgareeva G.F.* Primenimost' razvetvlenykh struktur dlya generacii scenarnykh prototipov videoigr // *65-ya Mezhdunarodnaya nauchnaya konferenciya Astrahanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2021. S. 596–600.
8. *Sahibgareeva G.F., Kugurakova V.V.* Prototipirovanie variativnosti syuzheta komp'yuternyh igr // *Trudy XXIII Vserossijskoj nauchnoj konferencii «Nauchnyj servis v seti Internet»*. IPM im. M.V. Keldysha. 2021. S. 347–360. <https://doi.org/10.20948/abrau-2021-11>.
9. *Sahibgareeva G.F., Kugurakova V.V.* Redaktor interaktivnoj struktury dlya instrumenta generacii scenarnykh prototipov // *Russian Digital Library Journal*. 2022. V. 24. No 6. P. 1184–1202.

10. *Sahibgareeva G.F., Kugurakova V.V.* Branched Structure Component for a Video Game Scenario Prototype Generator // Proceedings of the 23rd Conference on Scientific Services & Internet. CEUR Workshop Proceedings, 2021. V. 3066. P. 101–111.
11. *Andrade G., Ramalho G., Gomes A.S., Corruble V.* Dynamic game balancing: An evaluation of user satisfaction // Proceedings of the 2nd Conference on Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment. AAAI Digital Library. 2006. V. 2. No. 1. P. 3–8.
12. *Becker A., Görlich D.* Game balancing — A semantical analysis // First International Workshop on Video Games, Gamification and Educational Innovation. CEUR Workshop Proceedings. 2019. V. 2486. P. 344–359.
13. *Rouse R.* Game design: Theory and practice. Plano: Jones & Bartlett Learning. 2005. 704 p.
14. Game balance concepts.  
URL: <http://gamebalanceconcepts.wordpress.com/>.
15. *Novak J.* Game development essentials: an introduction // Cengage Learning. 2012. 510 p.
16. *Rollings A., Adams E.* Andrew Rollings and Ernest Adams on game design. Indianapolis: New Riders Publishing. 2003. 621 p.
17. Perfect imbalance — why unbalanced design creates balanced play. URL: <https://youtu.be/e31OSVZF77w>.
18. *Sylvester T.* Designing games: A guide to engineering experiences. Sebastopol: O'Reilly Media. 2013. 413 p.
19. *Schell J.* The Art of Game Design: A Book of Lenses. Boca Raton: A K Peters/CRC Press. 2015. 600 p.
20. *Tijs T.J.V., Brokken D., IJsselsteijn W.A.* Dynamic game balancing by recognizing affect // Second International Conference «Fun and Games». Springer-Verlag GmbH. 2008. V. 5294. P. 88–93.
21. *Leigh R., Schonfeld J., Louis S.J.* Using coevolution to understand and validate game balance in continuous games // 10th annual conference on Genetic and Evolutionary Computation. ACM. 2008. P. 1563–1570.

22. *Volz V., Rudolph G., Naujoks B.* Demonstrating the feasibility of automatic game balancing // Genetic and Evolutionary Computation Conference. Association for Computing Machinery. 2016. P. 269–276.
23. *Holmgard C., Green M., Liapis A., Togelius J.* Automated playtesting with procedural personas through MCTS with evolved heuristics // IEEE Transactions on Games. 2018. V. 11. No. 4. P. 352–362.
24. *Keehl O., Smith A.M.* Monster carlo 2: Integrating learning and tree search for machine playtesting // IEEE Conference on Games. 2019. P. 1–8.
25. *Beau P., Bakkes S.* Automated game balancing of asymmetric video games // IEEE Conference on Computational Intelligence and Games. IEEE. 2016. P. 333–340.
26. *Moroşan M., Poli R.* Automated Game Balancing in Ms PacMan and StarCraft Using Evolutionary Algorithms // 20th European Conference on the Applications of Evolutionary Computation. Springer, 2017. V. 10199. P. 377–392.
27. *Volz V., Rudolph G., Naujoks B.* Demonstrating the feasibility of automatic game balancing // Genetic and Evolutionary Computation Conference. ACM. 2016. P. 269–276.
28. *Avila A.M., Fonoberova M., Hespanha J.P., Mezić I., Clymer D., Goldstein J., Pravia M.A., Javorsek D.* Game Balancing using Koopman-based Learning // American Control Conference. IEEE. 2021. P. 710.
29. *Gudmundsson S.F., Eisen P., Poromaa E., Nodet A., Purmonen S., Kozakowski B., Meurling R., Cao L.* Human-like playtesting with deep learning // IEEE Conference on Computational Intelligence and Games. IEEE. 2018.
30. *Morosan M., Poli P.* Lessons from Testing an Evolutionary Automated Game Balancer in Industry // Games, Entertainment, Media Conference. IEEE. 2018. P. 263–270.
31. *Karavolos D., Liapis A., Yannakakis G.N.* Using a Surrogate Model of Gameplay for Automated Level Design // IEEE Conference on Computational Intelligence and Games. IEEE. 2018. P. 1–8.
32. *Pfau J., Liapis A., Yannakakis G.N., Malaka R.* Dungeons & Replicants II: Automated Game Balancing Across Multiple Difficulty Dimensions via Deep Player Behavior Modeling // IEEE Transactions on Games. 2022. P. 1–8.
33. The Tower of Aion. URL: <https://www.ncsoft.jp/aion/>.

34. Dworak W., Filgueiras E., Valente J. Automatic Emotional Balancing in Game Design: Use of Emotional Response to Increase Player Immersion // 9th International Conference on Design, User Experience, and Usability. Springer. 2020. V. 12201. P. 426–438.

35. Cherechukina A.N. Soderzhanie GDD kak trebovaniï k razrabotke programmogo obespecheniya // Kazanskij federal'nyj universitet. 2019. 47 s. URL: [https://kpfu.ru/student\\_diplom/10.160.178.20\\_236517\\_F\\_Cherechukina\\_1\\_.pdf](https://kpfu.ru/student_diplom/10.160.178.20_236517_F_Cherechukina_1_.pdf).

36. The Elder Scrolls V: Skyrim. URL: <https://elderscrolls.bethesda.net/ru/skyrim>.

37. Galimzyanov G.R. Razrabotka instrumenta avtomaticheskoi korrekcirovki vnutriigrovnyh parametrov // Kazanskij federal'nyj universitet. 2021. 35 s. URL: [https://kpfu.ru/student\\_diplom/10.160.178.20\\_TXB9250VCS6S6OVSL-ZOCXQDP4J7WFCRV\\_\\_J7FXN80EEZNIXS6Q\\_Galimzyanov.pdf](https://kpfu.ru/student_diplom/10.160.178.20_TXB9250VCS6S6OVSL-ZOCXQDP4J7WFCRV__J7FXN80EEZNIXS6Q_Galimzyanov.pdf).

38. Dungeons & Dragons. URL: <https://dnd.wizards.com/>.

39. Machination. URL: <https://machinations.io/templates/book/figure-6-47-rts-building-mechanics-game-mechanics-advanced-game-design-book/>.

40. Dobrokvashina A.S., Gazizova E.A. Avtomatizaciya proektirovaniya igrovogo prototipa na osnovanii obrabotki formalizovannogo igrovogo dizajn-dokumenta // Uchenye zapiski Instituta social'nyh i gumanitarnyh znaniï, 2019. T. 17. № 1. S. 583–589.

41. Vakotov S.A. Razrabotka instrumenta variativnosti syuzheta s zapuskom prototipa v vide tekstovoj igry // Kazanskij federal'nyj universitet. 2021. 36 s. URL: [https://kpfu.ru/student\\_diplom/10.160.178.20\\_TTKKD9XW59RG5L7TVL7B73YPTISE59Y16W5D1U435WOXWI10US\\_Vakov.pdf](https://kpfu.ru/student_diplom/10.160.178.20_TTKKD9XW59RG5L7TVL7B73YPTISE59Y16W5D1U435WOXWI10US_Vakov.pdf).

42. Vakotova E.S. Razrabotka funkcionala generacii prodolzheniya syuzheta dlya instrumenta prototipirovaniya syuzheta v komp'yuternyh igrah // Kazanskij federal'nyj universitet. 2021. 34 s. URL: [https://kpfu.ru/student\\_diplom/10.160.178.20\\_PQK51KDGAPZ5Z82IKYY69MV84PCLTPERVONNYJ33B7P5T7NJFP\\_F\\_Vakotova.pdf](https://kpfu.ru/student_diplom/10.160.178.20_PQK51KDGAPZ5Z82IKYY69MV84PCLTPERVONNYJ33B7P5T7NJFP_F_Vakotova.pdf).

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ



**САХИБГАРЕЕВА Гульнара Фаритовна** – старший преподаватель кафедры программной инженерии Института ИТИС КФУ. Сфера научных интересов – игровая сценаристика, нарративный дизайн, изучение вопроса эффективности создания игрового прототипа и возможности автоматизации данного процесса.

**Gulnara Faritovna SAHIBGAREEVA** – assistant of the Department of Software Engineering of the Institute ITIS KFU. Research interests - game scripting, narrative design, studying the issue of the effectiveness of creating a scenario prototype and the possibility of automating this process.

email: gulnara.sahibgareeva42@gmail.com

ORCID: 0000-0003-4673-3253



**КУГУРАКОВА Влада Владимировна** – к. т. н., доцент кафедры программной инженерии Института ИТИС КФУ, руководитель НИЛ разработки интеллектуальных инструментов для компьютерных игр. Сфера научных интересов – иммерсивность виртуальных сред, различные аспекты проектирования игр, AR/VR.

**Vlada Vladimirovna KUGURAKOVA**, PhD., Docent of the Institute ITIS KFU, Head of laboratory of intelligent tools design for computer games development. Research interests include immersiveness of virtual environments, problems of generating realistic visualization, various aspects of game design, AR/VR.

email: vlada.kugurakova@gmail.com

ORCID: 0000-0002-1552-4910



**БОЛЬШАКОВ Эдуард Сергеевич** – лаборант-исследователь НИЛ разработки интеллектуальных инструментов для компьютерных игр. Сфера научных интересов – игровая сценаристика, игровой дизайн.

**Eduard Sergeevich BOLSHAKOV** – laboratory researcher at the laboratory of intelligent tools design for computer games development. Research interests – game scripting, game design.

email: [edward.bolshakov117@gmail.com](mailto:edward.bolshakov117@gmail.com)

ORCID: 0000-0002-2208-9515

*Материал поступил в редакцию 27 декабря 2022 года*