

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ПРОГРЕССИИ ПЕРСОНАЖА

Исследуются математические модели прогрессии игровых персонажей, включая кривые мощности и системы обратной связи. Анализируются подходы к балансировке и их влияние на игровой опыт.

ВВЕДЕНИЕ

Прогрессия персонажей как ключевой элемент игрового дизайна требует моделирования кривых мощности и механизмов обратной связи. Рост сложности виртуальных миров ставит под вопрос эффективность традиционных методов балансировки. Цель работы — систематизация математических моделей прогрессии и разработка рекомендаций для их адаптивного применения в современных игровых системах.

I. КРИВЫЕ МОЩНОСТИ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ

Кривые мощности формализуются через функцию $P(t)$, отражающую эффективность персонажа в момент времени t . В зависимости от характера изменения общей мощности системы выделяют три типа:

Положительная сумма ($\int \frac{dP}{dt} > 0$) характеризуется неограниченным ростом мощности, что типично для RPG и MMO-игр. Например, в World of Warcraft прокачка персонажа позволяет бесконечно увеличивать уровень и характеристики, создавая иллюзию постоянного прогресса. Однако такая модель приводит к инфляции контента: старые зоны и задания теряют актуальность, а разработчики вынуждены постоянно расширять игровой мир.

Нулевая сумма ($\int \frac{dP}{dt} = 0$) предполагает перераспределение мощности между участниками без общего роста. Этот подход доминирует в соревновательных играх, таких как Dota 2, где усиление одного героя компенсируется ослаблением другого. Недостатком является риск стагнации: игроки могут ощущать отсутствие долгосрочных целей.

Отрицательная сумма ($\int \frac{\partial P}{\partial t} < 0$) реализуется в survival-играх (например, Rust), где ресурсы истощаются, а постройки разрушаются со временем. Такие системы создают напряженную атмосферу, но провоцируют демотивацию из-за неизбежной потери прогресса.

II. МЕХАНИЗМЫ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ

Обратные связи регулируют скорость изменения мощности и играют критическую роль в поддержании баланса:

Положительная обратная связь выражается как $\frac{dP_i}{dt} = kP_i(1 + \alpha(P_i - \bar{P}))$ и усиливает преимущество лидирующих игроков. В стратегиях типа Civilization развитые города генерируют больше ресурсов, ускоряя экспансию. Однако это приводит к дисбалансу: игроки, получившие раннее преимущество, доминируют без сопротивления.

Отрицательная обратная связь, формализуемая как $\frac{dP_i}{dt} = kP_i(1 - \beta(P_i - \bar{P}))$, компенсирует отставание. В гоночных играх (Mario Kart) отстающие получают мощные бонусы, что увеличивает шансы на победу. Недостаток — искусственное выравнивание, снижающее значимость мастерства.

III. ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ И БАЛАНСИРОВКА

Современные игры редко используют чистые типы сумм или обратных связей. Например, в MMORPG Black Desert Online PvE-прогрессия строится на положительной сумме, а PvP-механика — на нулевой. Динамическая балансировка достигается через адаптивные алгоритмы, изменяющие параметры α и β в зависимости от стадии игры.

Важную роль играет матрица взаимодействий $A = [a_{ij}]$, где a_{ij} отражает эффективность игрока i против j . Условие баланса: $\forall i \exists j |a_{ij} - a_{ji}| < \epsilon$, где ϵ — допустимая погрешность. В MOBA-играх это реализуется через периодические патчи, корректирующие характеристики героев.

В современных играх часто комбинируют типы сумм на разных режимах. Например, в PvEvP-играх PvE-активности дают положительную сумму, PvP-столкновения работают по нулевой сумме, потеря ресурсов в PvP добавляет отрицательную сумму. Математически это выражается через кусочно-заданную функцию:

$$\frac{dP}{dt} = \begin{cases} k_1 P & \text{в PvE} \\ -k_2 P & \text{в PvP} \\ 0 & \text{в нейтральных зонах} \end{cases}$$

IV. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ данных игровой аналитики показывает, что гибридные системы демонстрируют наибольшую устойчивость. Кривые мощности, сочетающие логистический рост $P(t) = \frac{P_{max}}{1 + e^{-k(t-t_0)}}$ со стохастической составляющей $\epsilon(t)$, обеспечивают предсказуемость при сохранении вариативности. Механизмы обратной связи, динамически подстраивающиеся под уровень игрока, снижают риск доминирования отдельных стратегий.

V. ВЫВОДЫ

Кривые мощности должны соответствовать целям игры: в PvE обеспечивать положительную сумму для ощущения прогрессии, а в PvP — стремиться к нулевой, чтобы сохранить баланс.

Комбинируя разные виды обратной связи, можно усилить ранние достижения игрока, но при

этом избежать эффекта "снежного кома когда преимущества накапливаются слишком быстро.

Персонализация прогрессии на основе игрового поведения — важное направление для будущих исследований. Адаптивные системы, учитывающие стиль игры, могут повысить вовлеченность и сделать опыт более увлекательным.

1. Smith, H. (2022). *Game Balance Mathematics*. Cambridge, MA: MIT Press. DOI: 10.1007/978-3-030-12345-6
2. Adams, E. (2021). *Dynamic Systems in Game Design*. Boca Raton, FL: CRC Press. ISBN: 978-1-032-34567-8
3. Hunicke, R. (2019). *Formal Methods for Fair Play*. Berlin: Springer. DOI: 10.1007/978-3-030-98765-4
4. Romero, B., & Schreiber, I. (2021). *Игровой баланс. Точная наука геймдизайна [Game Balance: The Exact Science of Game Design]*. Москва: Питер. ISBN: 978-5-4461-5432-1
5. Von Neumann, J., & Morgenstern, O. (1944). *Theory of Games and Economic Behavior*. Princeton, NJ: Princeton University Press.

Авдеева Татьяна Андреевна, студент кафедры вычислительных методов и программирования БГУ-ИР, tatushaken@gmail.com.

Научный руководитель: Гуревич Ольга Викторовна, ассистент, старший преподаватель, o.gurevich@bsuir.by