

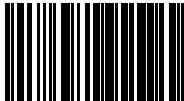
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИТМО
ITMO University

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
GRADUATION THESIS

Моделирование эмоционального поведения NPC в зависимости от социо-
экономической динамики

Обучающийся / Student Спасский Григорий Иванович
Факультет/институт/кластер/ Faculty/Institute/Cluster школа разработки видеоигр
Группа/Group J4223
Направление подготовки/ Subject area 09.04.03 Прикладная информатика
Образовательная программа / Educational program Технологии разработки
компьютерных игр 2022
Язык реализации ОП / Language of the educational program Русский
Квалификация/ Degree level Магистр
Руководитель ВКР/ Thesis supervisor Карсаков Андрей Сергеевич, кандидат технических
наук, Университет ИТМО, школа разработки видеоигр, доцент (квалификационная
категория "ординарный доцент")

Обучающийся/Student

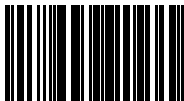
Документ подписан	
Спасский Григорий Иванович	
23.05.2024	

(эл. подпись/ signature)

Спасский
Григорий
Иванович

(Фамилия И.О./ name
and surname)

Руководитель ВКР/
Thesis supervisor

Документ подписан	
Карсаков Андрей Сергеевич	
23.05.2024	

(эл. подпись/ signature)

Карсаков
Андрей
Сергеевич

(Фамилия И.О./ name
and surname)

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИТМО
ITMO University

АННОТАЦИЯ
ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ
SUMMARY OF A GRADUATION THESIS

Обучающийся / Student Спасский Григорий Иванович
Факультет/институт/кластер/ Faculty/Institute/Cluster школа разработки видеоигр
Группа/Group J4223
Направление подготовки/ Subject area 09.04.03 Прикладная информатика
Образовательная программа / Educational program Технологии разработки компьютерных игр 2022
Язык реализации ОП / Language of the educational program Русский
Квалификация/ Degree level Магистр
Тема ВКР/ Thesis topic Моделирование эмоционального поведения NPC в зависимости от социо-экономической динамики
Руководитель ВКР/ Thesis supervisor Карсаков Андрей Сергеевич, кандидат технических наук, Университет ИТМО, школа разработки видеоигр, доцент (квалификационная категория "ординарный доцент")

ХАРАКТЕРИСТИКА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ
DESCRIPTION OF THE GRADUATION THESIS

Цель исследования / Research goal

Повысить уровень человекоподобности NPC за счёт имплементации системы эмоционального поведения NPC с упором на социо-экономическую динамику игрового мира.

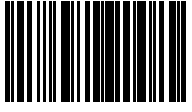
Задачи, решаемые в ВКР / Research tasks

Аналитический разбор предметной области и существующих решений. Разработка модели эмоционального поведения NPC в зависимости от социо-экономической динамики. Техническая реализация разработанной модели. Экспериментальное исследование разработанной модели. В случае необходимости, анализ возможных путей улучшения.

Краткая характеристика полученных результатов / Short summary of results/findings

Проведён анализ существующих систем поведения NPC Разработана модель эмоционального поведения NPC в зависимости от социо-экономической динамики Реализовано техническое решение с использованием модели Проведён сравнительный анализ результатов работы модели с уже существующим решением

Обучающийся/Student

Документ подписан	
Спасский Григорий Иванович	

Спасский
Григорий

23.05.2024	
------------	--

(эл. подпись/ signature)

Иванович

(Фамилия И.О./ name and surname)

Руководитель ВКР/
Thesis supervisor

Документ подписан	
Карсаков Андрей Сергеевич	
23.05.2024	

(эл. подпись/ signature)

Карсаков
Андрей
Сергеевич

(Фамилия И.О./ name and surname)

Содержание

Введение	5
1.Анализ предметной области	7
1.1Существующие модели личности и эмоций	7
1.1.1Система MBTI.....	7
1.1.2 Система О.С.Е.А.N	8
1.1.3 Система ЕМА	10
1.1.4 Модель ОСС	11
1.1.5 Вычислительные модели	12
1.2Эмоциональное поведение в реальном мире	13
1.2.1 Эмоциональное поведение людей в зависимости от разных факторов	13
1.2.2 Влияние физического аспекта на эмоциональный фон	13
1.2.3 Влияние социального аспекта на эмоциональное поведение	14
1.4Поведение людей в ситуациях масштабных кризисов.....	18
2 Синтез модели	24
2.1 Определение реалистичного NPC	24
2.1.1 Социально-экономические потребности	25
2.1.2 Личностная модель NPC	28
2.2 Формулировка модели.....	31
3 Решение	34
3.1.1 Социальная модель.....	35
3.1.2 Экономическая модель.....	37
3.1.3 Личностная модель	38
3.1.4 Поведенческая модель	39
3.2 Критерии и методы оценки модели	40
3.3 Планируемые эксперименты	41
4 Реализация.....	43

4.1.1 Социальная система	43
4.1.2 Экономическая модель.....	46
4.1.3 Личностная модель.....	48
4.1.4 Поведенческая модель	48
4.1.5 UI элементы	49
4.1.6 NPC	49
4.2 Проверка работоспособности	49
5 Проверка решения	52
5.1 Подготовка к экспериментам.....	52
5.4 Анализ результатов	56
5.5 Потенциал для улучшения	57
Заключение.....	58
Список источников.....	59

Термины и определения

NPC — (англ. *Non-player character*), персонажи неуправляемые игроком.

RPG — (англ. *computer role-playing game*, обозначается аббревиатурой CRPG или RPG), жанр игр в которых у игрока есть возможность прокачивать характеристики своего персонажа и в которых, зачастую, большую важность имеет сюжет.

Введение

Индустрия видеоигр стремительно развивается уже много лет. За это время появилось много новых жанров, подходов к геймдизайну, устройств для воспроизведения игр и для управления ими, в целом индустрия преобразилась до неузнаваемости и стала напоминать собой уже киноиндустрию. Сильно преобразились и NPC, но им всё ещё очень далеко до реалистичности, что делает тему повышения их реалистичности актуальной на сегодняшний день [1].

Особенно мало внимания игры уделяют поведению NPC в зависимости от социо-экономической динамики [3]. Ближе всего к решению этой проблемы подошёл жанр стратегий [2], но в нём игрок обычно имеет дело не с отдельными персонажами, а группами NPC, что не позволяет в полной мере перенести их опыт на другие жанры.

Более того стоит отметить, что существующие на данный момент модели не оптимальны и трудны в использовании [5].

Наиболее подходящим для данной модели жанром можно считать RPG. В этом жанре важна правдоподобность поведения NPC, потому что центральным элементом RPG является отыгрыш. Большой простор для отыгрыша повысит реиграбельность, что в свою очередь повысит удержание. Удержание же является отличной метрикой, в виду того, что она куда более объективна чем удовольствие от игры или реалистичность. Хотя реалистичность всё таки стоит использовать в качестве дополнительной метрики, так как это важный показатель для жанра RPG.

В реальном мире на людей оказывает влияние множество различных социо-экономических факторов, начиная от статуса их родителей [6] и заканчивая возрастом этих людей [7]. Учитывая, что игровая индустрия зачастую выделяет самое главное или просто создаёт «правдоподобную» модель

(как в технологии RTX), можно предположить, что для создания реалистичной и вовлекающей модели не потребуется учитывать все социо-экономические факторы оказывающие влияние на эмоциональное поведение человека.

При этом всё таки стоит избегать примитивизации модели, так как во-первых, такие модели уже существуют [8], а во-вторых они создают ощущения сильной закриптованности происходящего, давая чувство ограниченности игрового мира, что зачастую не нравится игрокам.

Поэтому стоит обратить особое внимание на существующие личностные модели, которые применяют в психологии уже долгие годы. Некоторые из них позволяют даже предсказывать результаты при проведении опросов [4], то есть можно утверждать, что они являются достаточно точными для нужд данной научно-исследовательской работы.

Целью данной практики является реализация модели эмоционального поведения NPC, описанная в предыдущей главе.

1. Анализ предметной области

1.1 Существующие модели личности и эмоций

1.1.1 Система MBTI

Личностные модели служат отличным инструментом для представления такого сложного концепта как личность через простые и даже измеряемые параметры, что и позволит в дальнейшем смоделировать правдоподобное эмоциональное поведение неигровых персонажей.

Эти модели потом можно использовать для получения так называемого эмоционального компонента по следующей схеме[3]:

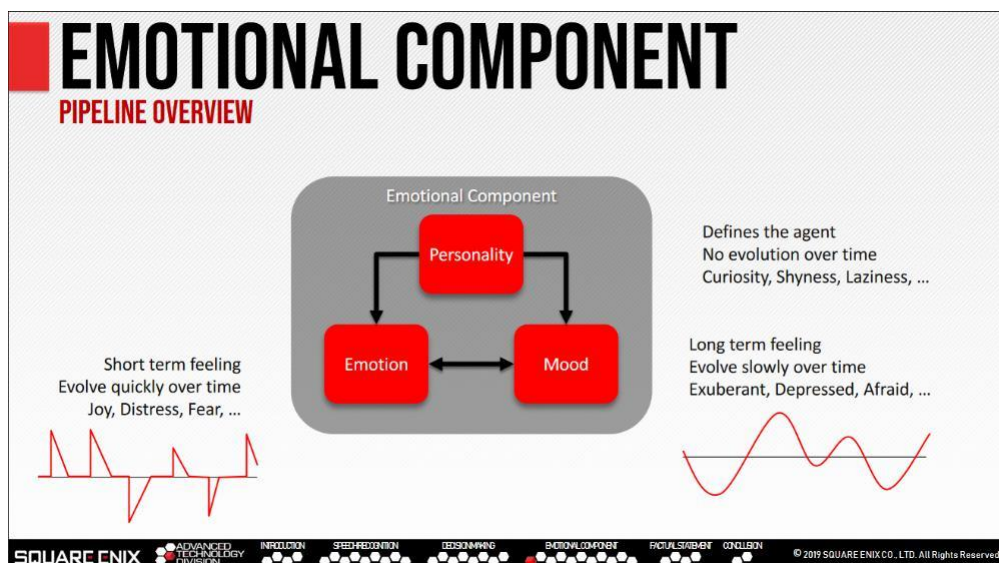


Рисунок 1 – Формирование эмоционального компонента

Одной из самых, если не самой популярной, является система Майерс-Бриггс, также именуемая MBTI. Согласно этой системе людей можно разделить на два типа по каждой из четырёх категорий:

1. интроверт или экстраверт,
2. полагающийся на рассуждения или на интуицию,

3. принятие решений на основе логики или эмоций,
4. планирование или импровизация [4].

По итогу разделения человек определяется в один из шестнадцати ВОЗМОЖНЫХ ТИПОВ ЛИЧНОСТИ:

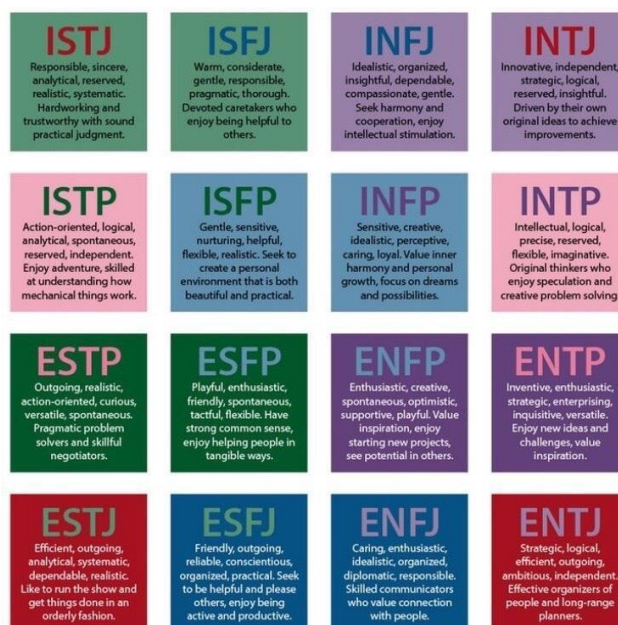


Рисунок 2 – Шестнадцать типов личности по MBTI

Одним из плюсов этой системы является её популярность в кругу людей напрямую с психологией не связанных (в некоторых странах, например Корее, эта система общеизвестна и является важным элементом социального взаимодействия), что позволит смоделировать неигровых персонажей которые бы ощущались более реалистичными за счёт узнаваемости архетипов.

1.1.2 Система О.С.Е.А.Н

Модель «Большая пятёрка» или «Пятифакторная модель» определяет личность (через ответы на вопросы) сквозь призму пяти факторов (первые буквы в английском названии которых и дали этой модели альтернативное название OCEAN). Этими факторами являются:

1. открытость опыту,

2. сознательность,
3. экстравертность,
4. соглашательность,
5. неврозность.

Все эти показатели имеют значения от 0 до 100 [5]

Эта система также может быть конвертирована в MBTI посредством следующей таблицы:

	O	C	E	A	N
E-I	0.03	0.08	-0.74	-0.03	0.16
S-N	0.72	-0.15	0.10	0.04	-0.06
T-F	0.02	-0.15	0.19	0.44	0.06
J-P	0.30	-0.49	0.15	-0.06	0.11

Рисунок 3 – Корреляция между OCEAN и MBTI

Плюсами этой системы является её математичность и бесконечное количество результатов, что многократно упрощает моделирование эмоционального поведения NPC. В связи с конвертируемостью двух вышеперечисленных моделей – проведём их сравнение:

Таблица 1 – Сравнение O.C.E.A.N. и MBTI

	O.C.E.A.N.	MBTI
Количество измеряемых параметров	5	4
Количество возможных результатов	Бесконечно	16
Численное представление результатов	Есть	Нет

1.1.3 Система ЕМА

Модель ЕМА (от английского EMotion and Adaptation) уже непосредственно создана для NPC и моделирует эмоции основываясь на целях персонажа [6] , а также принимает во внимание личность персонажа. Также порой во внимание принимаются убеждения и желания персонажа.

Эта система весьма хороша для случаев когда NPC немного и когда свобода действий главного героя ограничена, ведь для каждого неигрового персонажа надо прописать его цели, что делает работу с большим количеством персонажей и широким спектром возможностей игрока вмешиваться в дела NPC затруднительной. Но если система настроено правильно – она даёт весьма правдоподобный результат, богатый на внимание к деталям.

Также эта модель (вкупе с предыдущими и последующими) может быть эффективно использована для подстановки в модель социального взаимодействия [6]:

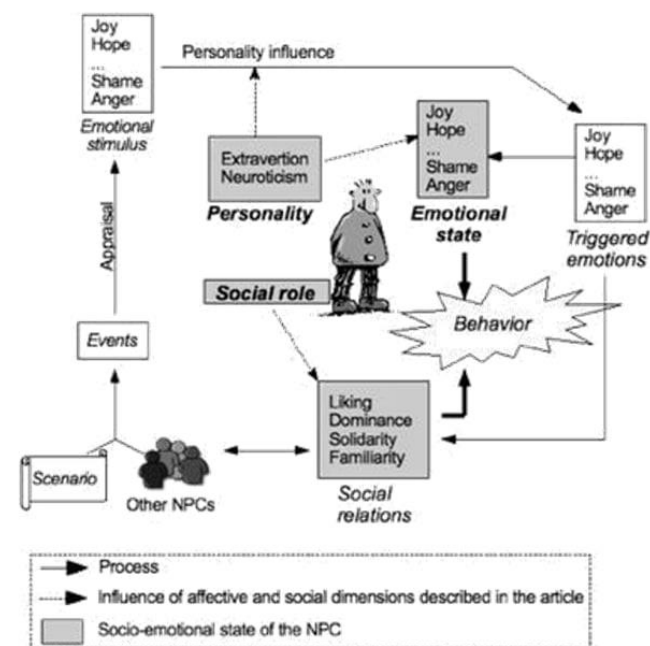


Рисунок 4 – Схема модели социального взаимодействия

Данная модель предложена авторами Magalie Ochs, Nicolas Sabouret и Vincent Corruble и она предполагает что социальный контекст остаётся стабильным, что означает, что для моделирования социо-экономической динамики потребуется сделать переходную версию этой системы, которая будет отображать ситуации в которых социальная роль неигрового персонажа меняется и (спустя какое то время) приходит к стабильному состоянию данной модели (с последующей возможностью его поменять).

1.1.4 Модель OCC

Эта модель называется так в честь своих разработчиков (Ortony, Clore, Collins) и она считается стандартной моделью синтеза эмоций [7].

Эта модель различает двадцать две эмоциональные категории основываясь на реакциях на ситуации которые либо являются либо событиями относящимися к цели, как действия агента (включая себя) или как привлекательные или отталкивающие объекты.

Также оно предлагает структуру для таких переменных как вероятность события или знакомость объекта, которые определяют интенсивность типа эмоции[7].

Персонаж проходит следующие стадии для того чтобы отреагировать на событие:

1. категоризация – персонаж оценивает события получая информацию о том, какие эмоциональные категории задействованы,
2. количественная оценка – персонаж рассчитывает интенсивность эмоциональных категорий, взаимодействие – предыдущие два пункта дают эмоциональную оценку событию и эта оценка влияет на текущее эмоциональное состояние персонажа,

3. разметка – из всех двадцати двух эмоциональных категорий остаются лишь необходимые. [7]

Хоть эта модель и подходит для большинства случаев, она имеет свои недостатки, а именно –

1. она слишком сложна и далеко не всегда необходима,
2. некоторые эмоциональные категории слишком близки между собой, но при этом подвержены эффекту со стороны разных действий,
3. главное же ограничение – модель слишком сильно полагается на мировую модель, а такие модели крайне редко бывают эффективными.

1.1.5 Вычислительные модели

Эмоции можно рассмотреть как индикатор важности ситуации для неигрового персонажа[13], что даёт возможность создания более простых моделей, что в свою очередь может помочь бороться с одной из частых проблем моделирования при которой возникают такие же ошибки как и при разработке программного обеспечения[10].

Поэтому зачастую выгодно делать простые системы, которые тем не менее берут во внимание эмоции и настроение[12] и которые всё равно будут выдавать правдоподобный результат. Например[11]:

Player Dialogue Steps and Options		
1	Player Choice +ve	"You had a good game today son"
	Player Choice -ve	"We need more training for you boy"
	NPC Emotion +ve	Joy
	NPC Emotion -ve	Disappointment
	NPC Reaction +ve	"Thanks dad I did my best"
	NPC Reaction -ve	"That is normal, if you came more..."
2	Player Choice +ve	"I'll be there more"
	Player Choice -ve	"I can't make the next one."
	NPC Emotion +ve	Satisfaction
	NPC Emotion -ve	Disliking
	NPC Reaction +ve	"You are the best"
	NPC Reaction -ve	"ughh, whatever"

Рисунок 6 – Поведенческое древо примитивной модели

1.2 Эмоциональное поведение в реальном мире

1.2.1 Эмоциональное поведение людей в зависимости от разных факторов

Эмоциональное поведение людей зачастую по большей части детерминировано их физическими и социальными характеристиками, при моделировании эмоционального поведения неигровых персонажей возникает вопрос – насколько сильно влияние физических характеристик на эмоциональное поведение обусловлено культурой в которой находится актер, для ответа на этот вопросы были проанализированы статьи рассматривающие как влияние физических показателей на эмоции, так и социальных.

1.2.2 Влияние физического аспекта на эмоциональный фон

Исследования указывают что определении влияния такого физического фактора как возраст сильнейшее влияние оказывало то, какое образование было у исследуемых групп[14] (хотя конечно даже сами авторы исследования признают, что у их работы есть ряд ограничений, в том числе национальная специфика).

Всё это может указывать на то, что многие физические атрибуты могут иметь разный эффект на психику в зависимости от культурных особенностей социума, что в свою очередь указывает на то, что моделировать эмоциональное поведение стоит во многом отталкиваясь от социума, а не от идеи «биологического» детерминизма.

Всё это также указывает на то, что, возможно, стоит избегать слишком сложных моделей, так как, исходя из источников изученных выше, комплексные системы могут проигрывать в ситуациях с большим количеством интеракций с окружением, в том числе и другими неигровыми персонажами.

1.2.3 Влияние социального аспекта на эмоциональное поведение

Второй источник рассматривает влияние социального фактора, а именно класса, на такую эмоцию как сострадание.

По результатам исследования было установлено, что люди которые имеют историю пребывания в более низких социальных классах более склонны проявлять сострадание и заботиться об окружающих[15].

Это подтверждает выводы сделанные в пункте 1.2.2, а также указывает на важность жизненной истории, которая влияет на эмоциональное поведение даже больше чем нынешнее социальное положение.

Вышеизложенная часть исследования указывает на то, что многие из уже существующих моделей, во многом отличаются от необходимого нам подхода.

Также это предоставляет дополнительный вызов при моделировании, так как необходимо прописывать не только неигровых персонажей и их социальную иерархию, но также и такие элементы социального взаимодействия как традиции, истории, а также брать во внимание трайбализм как важный элемент формирования взглядов и предпочтений неигровых персонажей.

1.3 Влияние социо-экономического положения на людей

Ввиду высокого уровня влияния социума на эмоциональное поведение – рассмотрим ряд статей, которые фокусируются на социо-экономическом положении.

Так в одном из исследований было установлено, что женщины с более низким социо-экономическим статусом сталкиваются с социальным напряжением чаще, чем женщины с высоким социо-экономическим статусом, и при этом имеют меньше эмоциональных ресурсов для сопротивления стрессу, вызванному этим напряжением [16]. Это указывает на то, что люди более низкого социо-экономического статуса могут хуже справляться с кризисными ситуациями ввиду меньшего количества эмоциональных ресурсов. Следовательно, при моделировании эмоционального поведения следует учитывать преимущество, в котором находятся неигровые персонажи с более низким социо-экономическим статусом.

Также было проведено исследование установившее, что сильные социальные потрясения (такие как экономический кризис) сильно влияют на эмоциональное состояние людей даже с относительно высоким социо-экономическим статусом (на момент 2008 года, twitter – платформа для людей не относящихся к низкому экономическому статусу) [17].

Это позволяет понять что кризис серьёзно влияет даже на представителей среднего класса, что указывает на тот факт, что, даже при наличии у них преимуществ над представителями низких социально-экономических классов, представители среднего класса и выше не могут быть исключены из области влияния кризисов, что усложняет задачу моделирования подобных событий.

Ещё одно исследование указывает на связь социо-экономического статуса, эмоций и потребительского поведения, причём выясняется что они все напрямую взаимосвязаны следующим образом[18]:

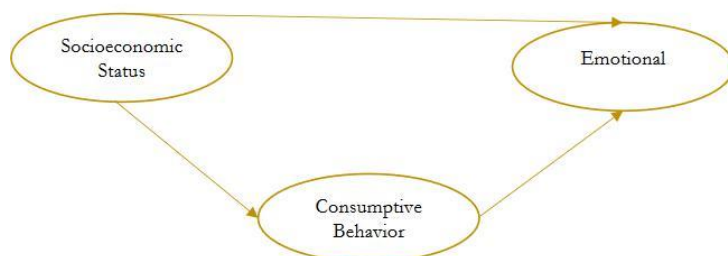


Рисунок 7 – Взаимосвязь

Это позволяет определиться с экономическим поведением в зависимости от социо-экономического статуса и эмоционального поведения.

Ввиду важности истории жизни для определения дальнейшего эмоционального поведения была изучена статья изучающая вопрос влияния социо-экономического положения семьи на развитие ребёнка.

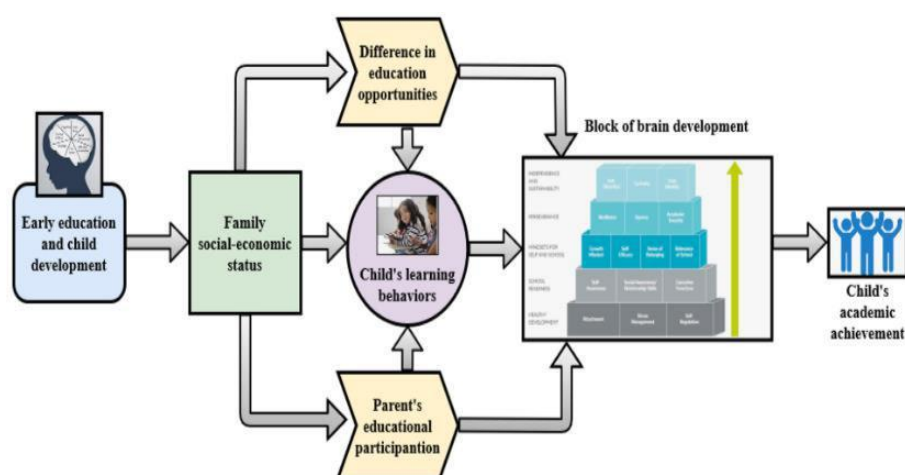


Рисунок 8 – Влияние социо-экономических факторов на развитие ребёнка

Как можно видеть из рисунка номер 8 – семейное социо-экономическое положение влияет на возможности получения образования в своей экономической части и возможности принятия участия со стороны родителей в социальной части, что в последствии влияет на развитие головного мозга ребёнка и, как итог, на его академические достижения, что в последствии уже может влиять на его детей [19][20]. Данные этой статьи поднимают вопрос межпоколенческой мобильности, которая в свою очередь также должна быть важным фактором при моделировании социо-экономической динамики в видеоиграх действие которых развивается на длительном временном промежутке. Также для подобных игр важно учитывать потребности для развития ребёнка удовлетворение или неудовлетворение которых потом может влиять на его социальную мобильностью. Схема этих потребностей также приведена в статье.

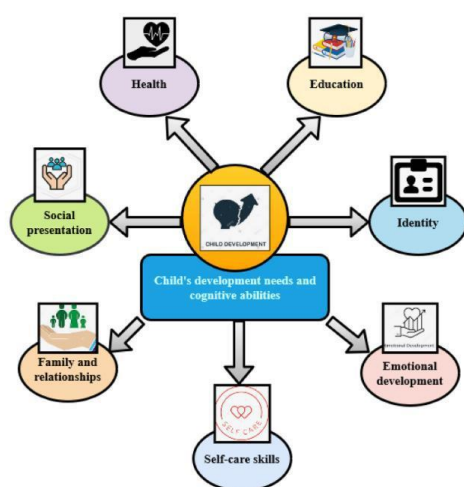


Рисунок 9 – Потребности ребёнка при развитии

1.4 Поведение людей в ситуациях масштабных кризисов

В кризисных ситуациях социо-экономическая динамика проявляется лучше всего, все процессы ускоряются и приобретают сильный контраст.

Более того, многие видеоигры рассматривают как раз экстремальные кризисные условия, так как такие ситуации нарративно интереснее более мирных и безопасных сценариев, а также позволяют оправдано дать игроку возможность ускоренно преодолеть несколько уровней классовой мобильности.

Так что вопрос поведения людей в кризисных ситуациях особо интересен в рамках данного исследования.

Например, было установлено, что люди меняют источник информации из которого следуют зависимости от типа кризиса [21]. В исследовании была приведён рисунок:

Crisis type	Media type						
	TV <i>n</i> (%)	Newspaper <i>n</i> (%)	Magazine <i>n</i> (%)	Radio <i>n</i> (%)	Website <i>n</i> (%)	Social media <i>n</i> (%)	Friends/family <i>n</i> (%)
Public health	205 (45.2)	16 (3.5)	7 (1.5)	13 (2.9)	110 (24.2)	24 (5.3)	79 (17.4)
Natural disaster	308 (67.8)	9 (2.0)	4 (0.9)	42 (9.3)	51 (11.2)	22 (4.8)	18 (4.0)
Terror	323 (71.1)	16 (3.5)	2 (0.4)	19 (4.2)	57 (12.6)	25 (5.5)	12 (2.6)
Political	187 (41.2)	63 (13.9)	5 (1.1)	10 (2.2)	105 (23.1)	30 (6.6)	54 (11.9)
Act of violence	288 (63.4)	26 (5.7)	6 (1.3)	13 (2.9)	71 (15.6)	30 (6.6)	20 (4.4)
Transportation	287 (63.2)	21 (4.6)	6 (1.3)	20 (4.4)	76 (16.7)	29 (6.4)	15 (3.3)

Рисунок 10 – Схема изменения источника информации для следования в зависимости от типа кризиса.

Данный рисунок показывает, что изменения весьма радикальные, что может быть использовано в моделировании как указатель на изменения баланса сил в вопросах распространения информации, которые потенциально могут влиять на эмоционально поведения потребляющих информацию.

Также было установлено что стремление следовать указаниям из разных источников различно для разных возрастных групп [21] и приведена соответствующий рисунок:

Age group	Media type						
	TV <i>n</i> (%)	Newspaper <i>n</i> (%)	Magazine <i>n</i> (%)	Radio <i>n</i> (%)	Website <i>n</i> (%)	Social media <i>n</i> (%)	Friends/family <i>n</i> (%)
18–24	32 (54.2)	1 (1.7)	3 (5.0)	4 (6.8)	8 (13.6)	9 (15.3)	2 (3.4)
25–34	47 (61.0)	2 (2.6)	0 (0)	5 (6.5)	13 (16.9)	7 (9.1)	3 (3.9)
35–44	50 (65.9)	2 (2.6)	1 (1.3)	9 (11.8)	8 (10.5)	4 (5.3)	2 (2.6)
45–54	48 (65.8)	0 (0)	0 (0)	9 (12.3)	12 (16.4)	0 (0)	4 (5.5)
55–64	63 (75.0)	2 (2.4)	0 (0)	7 (8.3)	7 (8.3)	2 (2.4)	3 (3.6)
65+	60 (81.1)	1 (1.3)	0 (0)	6 (8.1)	3 (4.1)	0 (0)	4 (5.4)

Рисунок 11 – Схема различий по источникам потребления информации для следования по возрастным группам

В другом исследовании был поднят вопрос беженцев, а конкретно с чем приходится встречаться беженцем-предпринимателям.

Было выяснено что многие трудности с которыми приходится в итоге сталкиваться беженцам происходят из социума и не связаны с законами

напрямую [22], по итогу была составлена таблица трудностей с которыми им приходится сталкиваться:

Данный вопрос интересен во многом тем, что кризисы часто вызывают волны эмиграций и этот важный аспект не часто поднимается в видеоиграх, а между тем он бы сильно повысил реалистичность происходящего.

В другом же исследовании было установлено, что кризис имеет сильные долгосрочные последствия, которые также сильно сказываются на журналистском сообществе, что потенциально может усиливать эмоциональное влияние кризиса на остальные слои населения [23].

Что особенно интересно для моделирования эмоционального поведения в зависимости от социо-экономической динамики, так это то, что в реальности – люди могут зачастую принимать неверные решения в условиях кризиса даже при наличии информации необходимой для принятия верного решения.

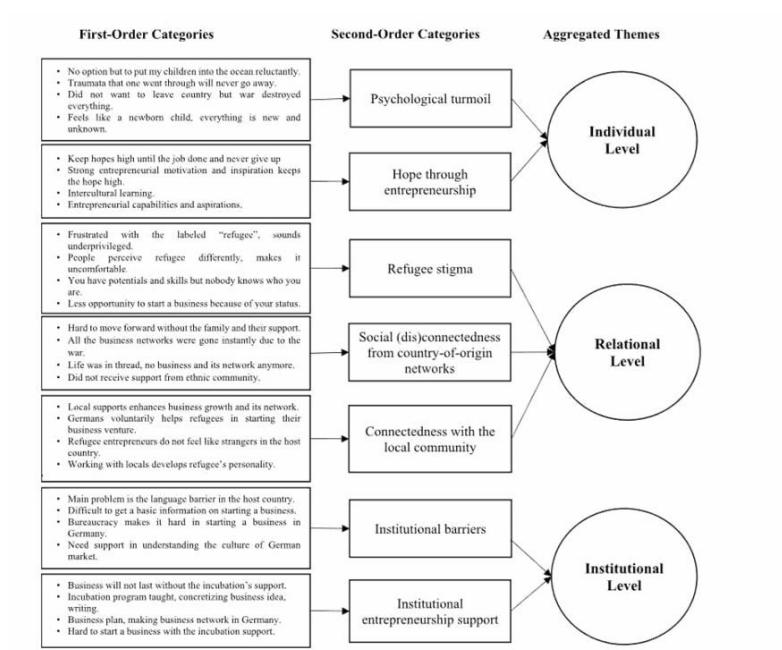


Рисунок 12 – список трудностей жертв иммиграционного кризиса

Так перед лицом кризиса ресурсы которые могли бы быть направлены нуждающимся слоям населения были потрачены куда менее эффективно и распределены куда менее честно чем могли бы быть [24].

В итоге мы видим, что поведение людей в реальном мире зависит от большого количества факторов. Моделирование даже большей части из них приведёт к многократному усложнению разработки, а также к большим ресурсозатратам при воспроизведении. При этом результат соответствующий затратам не гарантирован. Поэтому при создании модели было решено использовать сильно ограниченное количество факторов.

2 Синтез модели

2.1 Определение реалистичного NPC

Для начала нужно дать определение, исходя из которого и будет определяться эффективность созданной модели.

Ввиду того, что человек разумный — это вид который обычно берётся в основу всех разумных NPC, даже если в рамках игрового мира они принадлежат к другим расам, то реалистичность также можно назвать человекоподобностью. Также поскольку зачастую NPC обладают искусственным интеллектом, то логично предположить, что критерии человекоподобности у них будут либо такие же как у неигрового искусственного, либо во многом схожие. Согласно исследованиям, искусственный интеллект делают человекоподобным следующие пункты:

- антропоморфные характеристики,
- качество взаимодействия с человеком,
- принятие и доверие к искусственному интеллекту.

Под антропоморфными характеристиками подразумеваются не только физические черты, но также и психические и эмоциональные состояния. Важно отметить, что, сама по себе, эти характеристики не являются достаточными. Под качественным взаимодействием имеется в виду поведение, которое люди обычно ожидают от других социальных акторов [12].

Третий пункт можно считать незначительным ввиду того, что искусственный интеллект уже давно является неотъемлемой частью широкого спектра жанров видеоигр, соответственно люди принимают этот факт и испытывают необходимый уровень доверия. Поэтому, создавая модель, надо опираться на первые два пункта, а конкретнее на эти пункты в отношении социо-экономической динамики. То есть NPC должен будет проявлять человекоподобное поведение при изменении социо-экономических показателей, влияющих на него и делать это в человекоподобной манере.

2.1.1 Социально-экономические потребности

Как правило, социальные и экономические потребности принято рассматривать отдельно, но, так как они сильно связаны друг с другом так как подразумевают взаимодействия между людьми в относительно больших группах, то их можно рассматривать вместе в вопросе влияния на эмоциональное поведение.

Для начала дадим общие определения социальных и экономических потребностей.

Социальные потребности — это потребности, возникающие при взаимодействии людей друг с другом и организации в социальной сфере жизни.

Экономические потребности — это потребности, обусловленные товарно-денежными отношениями в обществе [12].

Поскольку потребности работают по принципу ресурса и измеряются либо индексами, в случае социальных потребностей, либо индексами и деньгами, в случае экономических потребностей, то в рамках нашей модели можно задать социальные потребности как наборы параметров, которые необходимо удовлетворить, то есть чтобы значения этих параметров не опускались ниже определённых величин, а экономические потребности как уровень дохода, из которого вычитаются расходы персонажа и величина которого показывает степень удовлетворения экономических потребностей. Таким образом модель будет реалистичной и при этом достаточно легко имплементируемой

На рисунке 1 показаны основные социально-экономические потребности [12].



Рисунок 13 – Социально-экономические потребности

Под внешней безопасностью подразумевается безопасность от природных катаклизмов и нападения извне, например со стороны другого государства. А под внутренней безопасностью понимается безопасность от угроз извне, в том числе воровства и подобных антисоциальных действий.

Под правовыми потребностями подразумевается потребность в соблюдении правовых норм. Ввиду схожести с предыдущей категорией их можно соединить в одну потребность в безопасности.

Престижные потребности — это потребности, направленные на создание и поддержание определённого статуса, правового положения, имиджа. Так как социальный статус сильно варьируется в зависимости от общества, то от использования данной потребности в модели лучше отказаться, чтобы сделать её более универсальной.

По той же причине потребность в уважении и признании, а также потребность во власти были отброшены при составлении модели.

Потребность в общении — это потребность во взаимных отношениях, а также в деловых или дружеских связях, обмене информацией. Исходя из этого определения, потребность в дружбе в нашей модели можно отдельно не выделять.

Финансовые потребности — это потребности в деньгах или иных средствах, которые могут быть превращены в деньги. В нашей модели они будут синонимичны экономическим потребностям, так как, по сути являются чистыми доходами.

Трудовые потребности — обеспечение самовыражения человека через трудовую деятельность, а также удовлетворение его финансовых потребностей. Исходя из этого определения в модели трудовые потребности будут представлять из себя доход получаемые NPC.

Технологические потребности больше относятся к частным предпринимателям, так как представляют из себя потребности, предназначенные для обеспечения производственных, торгово-технологических процессов, ресурсами. Соответственно их можно убрать из модели.

Ресурсосберегающие потребности — потребности в сохранении ресурсов. Соответственно в модели должно быть учтена потребность в накоплении [12].

Таким образом на рисунке 2 представлен полный список социально-экономических потребностей, учитывающихся в нашей модели.

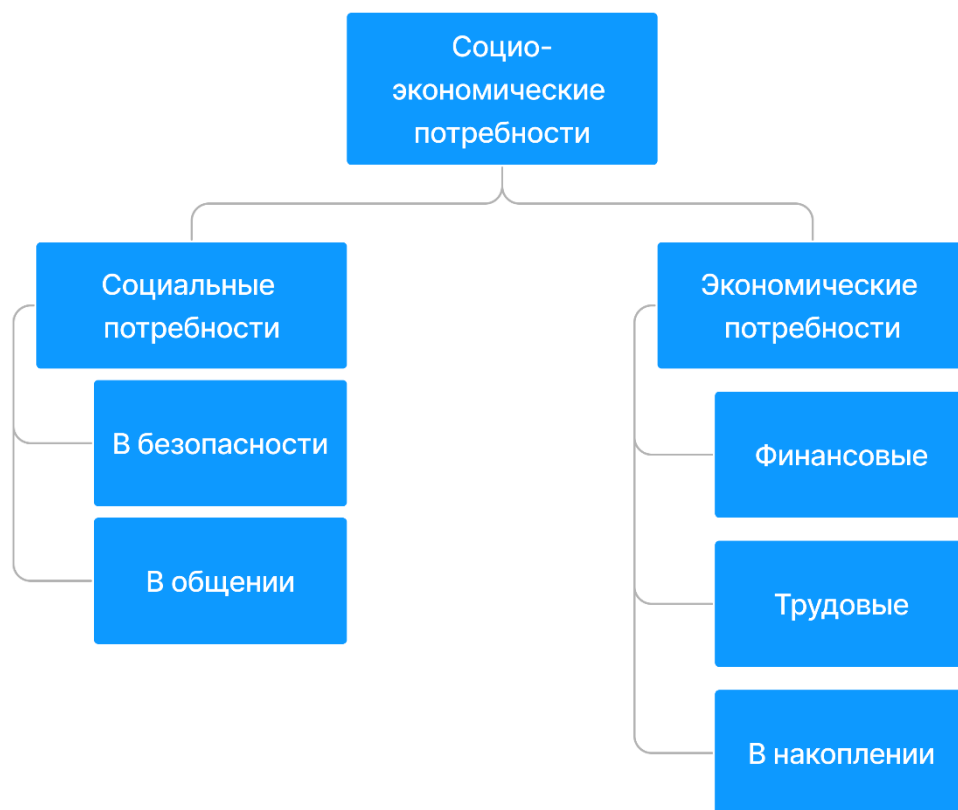


Рисунок 14 – Адаптированный список социально-экономических потребностей

На динамику этих потребностей будут реагировать NPC, то есть эти потребности будут определять момент и силу изменения эмоционального поведения, но то, каким в итоге будет эмоциональное поведение NPC будет определяться его личностью.

2.1.2 Личностная модель NPC

Реакция на социо-экономические показатели удовлетворяет заданному критерию качества взаимодействия человека и NPC, а личностная модель должна позволить удовлетворить критерий антропоморфности.

Поскольку нас интересует эмоциональное поведение, то ключевым показателем являются эмоции и эмоциональное состояние. Представлять

эмоции было решено согласно колесу эмоций Птучика[9] которое изображено на рисунке 3.

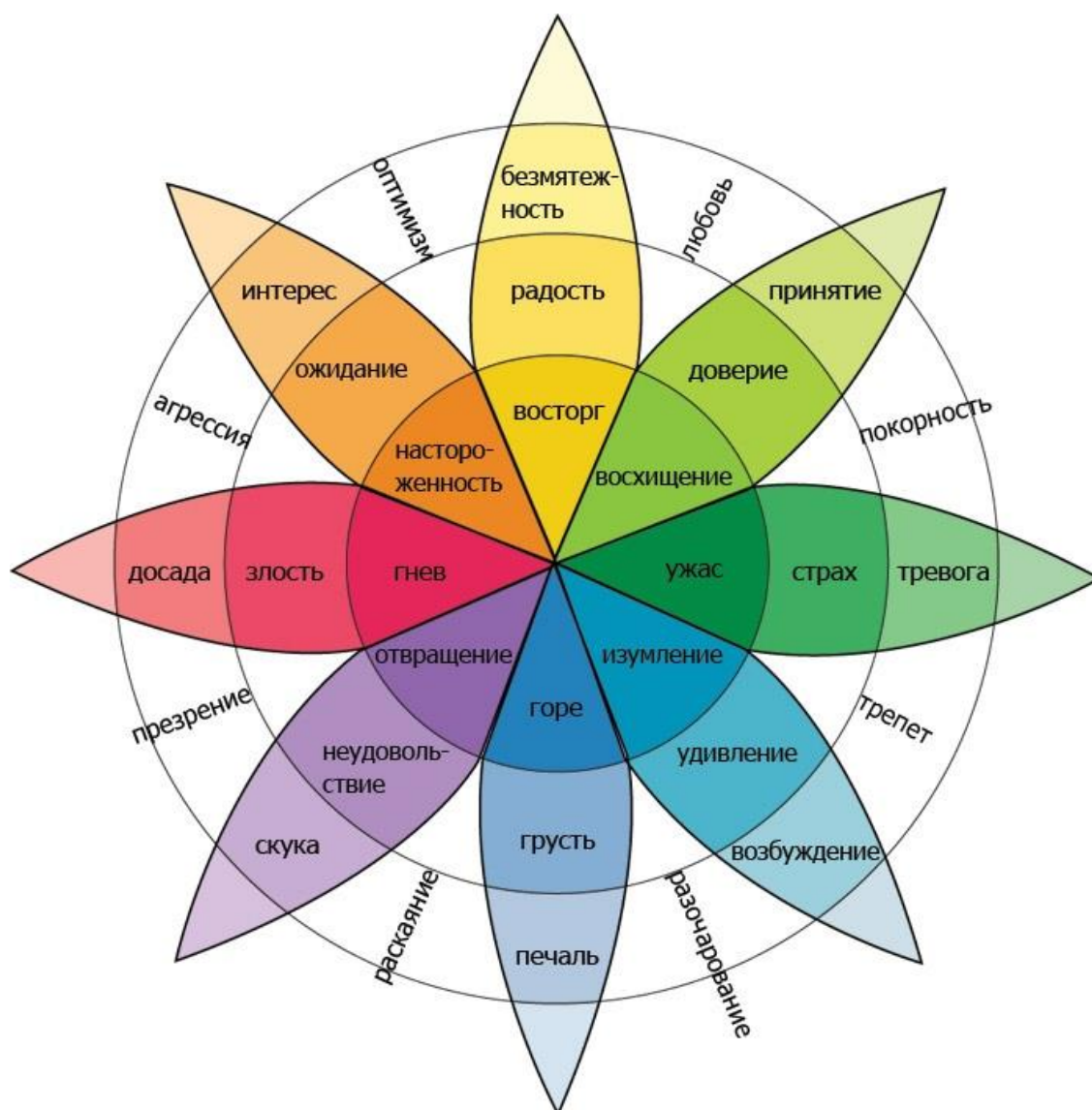


Рисунок 15 – Колесо эмоций Плутчика

Так как нам необходимо представлять эмоции в численном значении, то было решено использовать шкалу от 0 до 100, в которой 0 это отсутствие соответствующей эмоции, что возможно только если речь об эмоциях относительно отдельной ситуации, а не общего эмоционального состояния, а 100 — это максимальная сила эмоции. В связи с этим эмоции можно называть по самым их ярким проявлениям, например все эмоции спектра «горе» называть горем с уточнением силы эмоции.

Но известно, что разные люди по-разному переживают эмоции [13], соответственно нужен механизм задачи личности NPC который бы позволял выразить личность в виде набора цифровых значений. Подобный механизм существует и давно применяется в психологии, он называется Большая пятёрка [10].

Большая пятёрка представляет из себя 5 основных черт личности, выраженных значениями от 0 до 1. Обычно эти черты обозначают по первой букве их названия. На рисунке 4 представлены эти черты.



Рисунок 16 – Черты большой пятёрки

Соответственно эти черты будут позволять понять, как тот или иной NPC будет испытывать эмоции. А конкретно, эти показатели будут влиять на силу эмоций.

Такое представление личности позволит создать реалистичных NPC, причём сам процесс создания будет относительно простым, ввиду того что параметры для желаемой личности можно будет получить пройдя тест, держа в уме желаемые реакции персонажа.

2.2 Формулировка модели

Было определено, что в модели должны учитываться социально-экономические потребности персонажа. Более того, было решено представлять эти потребности в виде ресурса, который тратится или приобретается в результате социально-экономической динамики, отдельно стоит отметить, что в случае конкретно экономических потребностей также есть постоянный расход ресурса ввиду природы товарно-денежных отношений.

Также было решено, что эмоциональная реакция будет задана через численное представление эмоций из спектра, отображённого на колесе эмоций, которые будут изменять свою силу в зависимости от события, вызвавшего эти эмоции, а также личности NPC, которая будет задаваться посредством большой пятёрки.

Также надо взять во внимание, что NPC должны при эмоциональной реакции учитывать своё эмоциональное состояние, которое у них было до события, на которое они реагируют. Это предаст NPC реалистичности и позволит им накапливать эмоции, что повысит качество взаимодействия с игроком.

По итогу эмоциональной реакции NPC должен корректировать своё эмоциональное поведение, которое в данной модели будет задано одним из трёх сценариев поведения. Данное количество может быть легко изменено в зависимости от нужд разработчика.

В итоге наша модель на вход получает численное значение эмоций, вызванных событием или доход/расход, также вызванный событием. В случае эмоций далее идёт умножение на личностные коэффициенты персонажа, а в

случае дохода/расхода идёт изменение экономического положения персонажа, которое будет выражено в виде его экономического класса, который зависит от количества ресурсов. В итоге эмоциональная реакция прибавляется к текущему эмоциональному состоянию персонажа, то есть состоянию до события, вызвавшего реакцию, и умножается на экономическое положение персонажа. Далее, исходя из преобладающих эмоций, идёт выбор к какому эмоциональному поведению будет склонен персонаж. Эта модель изображена на рисунке 5.

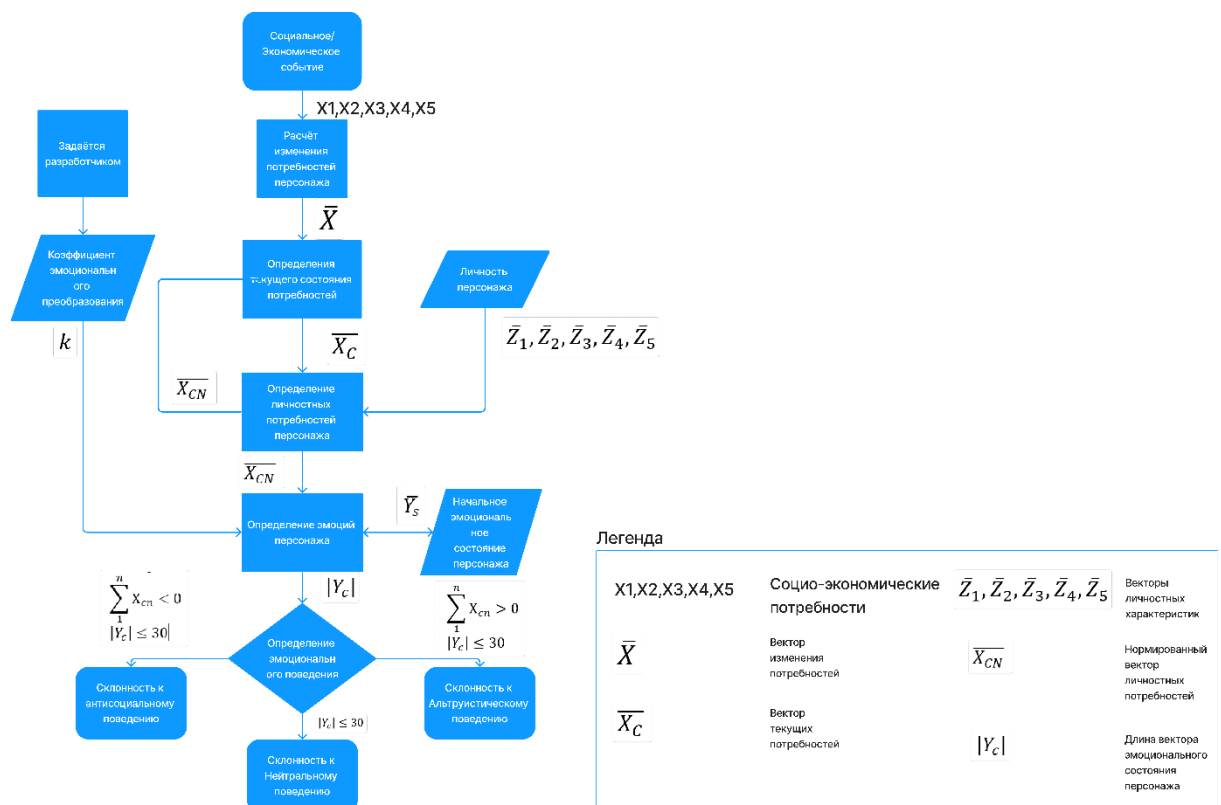


Рисунок 17 – Модель эмоционального поведения NPC

Формулой модели выглядит следующим образом:

Формула 1

$$\left| \frac{\bar{X}_C * (\bar{Z}_1 + \bar{Z}_2 + \bar{Z}_3 + \bar{Z}_4 + \bar{Z}_5)}{5} * k \right| = |Y_c|$$

Где:

\bar{X}_C - Вектор потребностей

\bar{Z}_{1-5} - Личностные вектора

k – Коэффициент преобразования эмоций

$|Y_c|$ - Длина вектора эмоционального состояния

3 Решение

Созданную на предыдущем этапе модель можно разделить на отдельные блоки, основываясь на отдельных этапах функционирования модели. Это упростит проектирование и отладку модели.

Логично будет разделить модель на следующие блоки:

- 1 социальная система,
- 2 экономическая система,
- 3 личностная система,
- 4 поведенческая система.

Социальная система будет отвечать за социальную динамику в соответствии с социальными потребностями NPC, а также эмоциональную реакцию NPC, в соответствии с его личностными характеристиками

Экономическая система будет отвечать за экономическую динамику в соответствии с экономическими потребностями NPC, а также изменение экономического положения NPC.

Личностная система будет определять итоговое эмоциональное состояние, учитывая результаты социальных и экономических систем, а также начального эмоционального состояния. По итогу начальное эмоциональное состояние будет заменено на результат личностной системы.

Поведенческая система определит то, к какому поведению склонен NPC, основываясь на результатах личностной системы, через определения того, какие эмоции преобладают.

Таким образом на рисунке 1 представлена репрезентация оригинальной модели в виде блоков-систем, которые будут присутствовать в итоговом техническом решении.

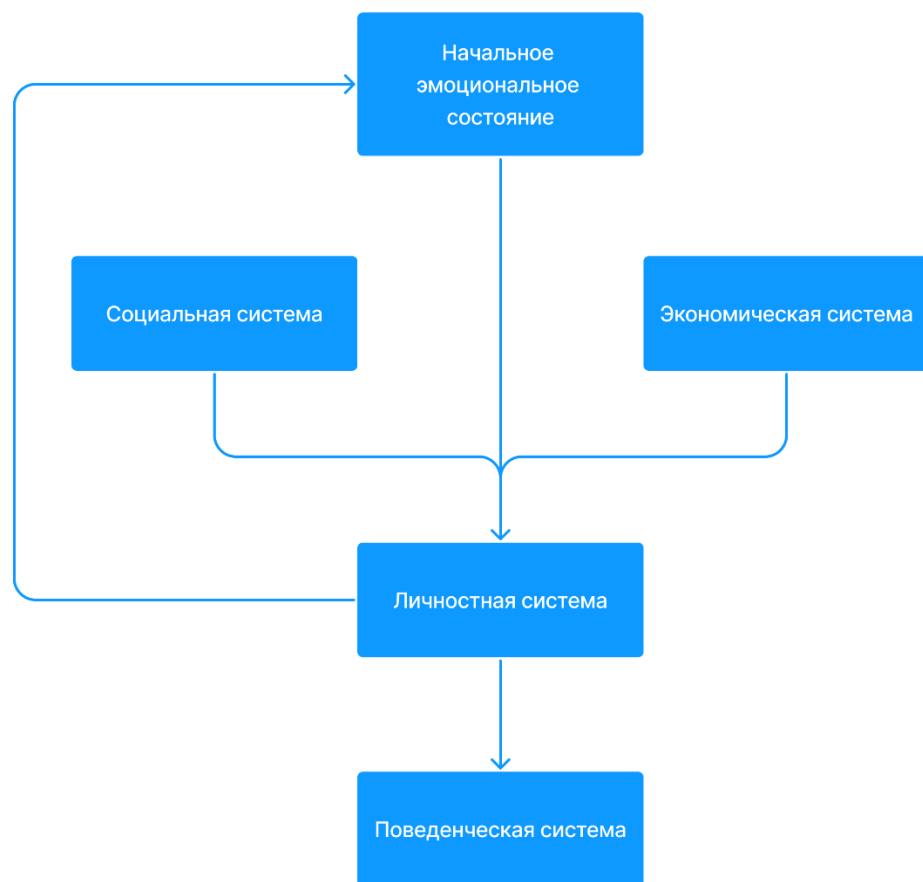


Рисунок 18 – Блок-схема модели как набора систем

Теперь необходимо разобрать, как конкретно работает каждая из систем

3.1.1 Социальная модель

Социальная система состоит из следующих элементов:

- 1 социальное событие,
- 2 обработка социального события личностью персонажа,
- 3 первичная эмоциональная реакция.

Начнём с социального события. Под социальным событием подразумевается событие, влияющее на удовлетворение социальных потребностей. Это может быть как действие игрока или другого NPC, так и общие изменения среды, например начало войны. В данном решении это будут

только действия игрока или NPC, так как это достаточные события для демонстрации работы модели.

Далее обработка социального события личностью персонажа, которая задаётся посредством большой пятёрки [2], изображённой на рисунке 3.



Рисунок 19 – Большая пятёрка

Показатели большой пятёрки задаются числами от 0.0 до 1.0 и выступают в качестве коэффициентов, на которые умножаются эмоциональные показатели. Это позволяет передать то, что разные люди испытывают эмоции по-разному [3].

Она определяет то положительно или негативно влияет социальное событие на удовлетворение социальных потребностей персонажа, а также то, какие неизменные значения у этих потребностей. Так, например, персонаж с высоким уровнем экстраверсии будет иметь большую потребность в общении,

чем персонаж с низкой экстраверсией. После определения этого идёт задача эмоций, вызванных этим событием, и их силы. Эмоции выбираются из колеса эмоций Плутчика [1], изображённого на рисунке 20.

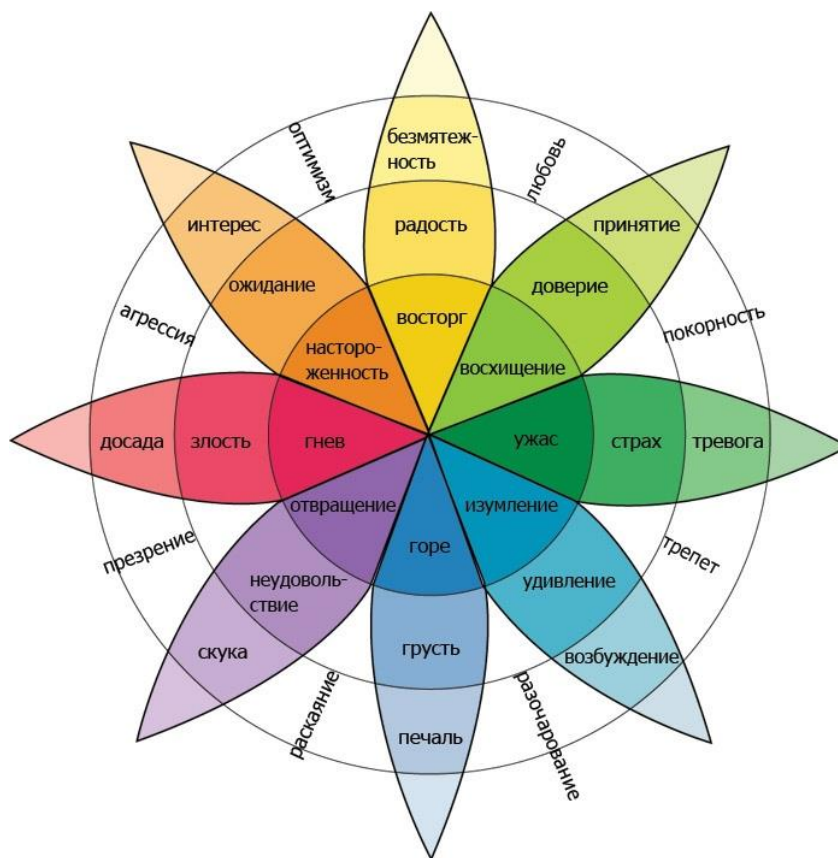


Рисунок 20 – Колесо эмоций Плутчика

Сила эмоций при этом задаётся числами от 0 до 100, а сами эмоции, для удобства, называются по самым сильным их проявлениям. Эмоции, не затронутые событием, задаются нулями. Положительные эмоции вызываются в случае, если по результату события, потребность становится либо остаётся удовлетворённой, а отрицательные, в случае если потребность становится либо остаётся неудовлетворённой.

Таким образом на выходе социальной модели получается массив чисел, показывающих силу эмоций, вызванных социальным событием.

3.1.2 Экономическая модель

Экономическая модель состоит из следующих элементов:

- 1 экономическое событие,

- 2 определение доходов и расходов NPC,
- 3 определение экономического положения NPC

Экономическое событие — это событие, влияющее на удовлетворение экономических потребностей. Это может быть как действие игрока или другого NPC, так и общие изменения среды, а также действия самого NPC. В данном решении это будут только действия игрока или NPC, так как это достаточные события для демонстрации работы модели. Экономическое событие представляется в виде увеличения либо доходов, либо расходов.

Определение доходов и расходов NPC проходит через прибавление результатов экономического события к текущим расходам или доходам. Доходы и расходы имеют начальные показатели, которые заменяются в результате определения доходов и расходов, их самое первое значение задаётся вручную.

В итоге производится определение экономического положения NPC через нахождение суммы общего капитала, состоящего из доходов и накопления, и общего долга, состоящего из расходов и долга. Положительный результат дальше записывается в накопление, а отрицательный в долг. По уровню долга или накопления и определяется экономический статус NPC. Таким образом формула определения экономического статуса выглядит следующим образом:

Формула 2:

$$\frac{(I + \Delta I) - (S + \Delta S)}{(I + \Delta I)} * 100$$

Где I – доходы, а S – расходы персонажа

3.1.3 Личностная модель

Эта модель будет отвечать за определение нового эмоционального состояния NPC исходя из результатов социальной модели, экономической модели, а также начального эмоционального состояния.

Начальное эмоциональное состояние представляет из себя либо заранее заданные параметры, если речь идёт об их первоначальном значении, либо

выходные результаты личностной модели, если речь идёт о последующих итерациях. Оно будет суммироваться с эмоциональной реакцией, пропущенной через личность персонажа и делать поправку на экономическое положение NPC.

Таким образом формула личностной модели выглядит так:

Формула 3: Личностные потребности

$$\left| \frac{\overline{X}_C * \bar{Z}_1 + \overline{X}_C * \bar{Z}_2 + \overline{X}_C * \bar{Z}_3 + \overline{X}_C * \bar{Z}_4 + \overline{X}_C * \bar{Z}_5}{5} \right| = \overline{X}_{CN}$$

Это позволит персонажу накапливать эмоции, делая изменения в его эмоциональном состоянии и эмоциональном поведении постепенными.

Результатом личностной модели будет набор чисел, обозначающих эмоциональное состояние персонажа с поправкой на его экономический статус, то есть его текущее эмоциональное состояние.

Далее этот результат записывается в текущее эмоциональное состояние и отправляется на вход поведенческой системы.

3.1.4 Поведенческая модель

Поведенческая модель будет определять то, к какому поведению будет склонен NPC, то есть то, какая вероятность будет у того, что он выберет совершение определённого действия.

Так в ходе исследований была установлена взаимосвязь между параметрами большой пятёрки и поведением [4], то, помимо текущего эмоционального состояния, на вероятность определённого поведения будут влиять личностные параметры персонажа.

Таким образом поведенческая модель показана на рисунке 21:

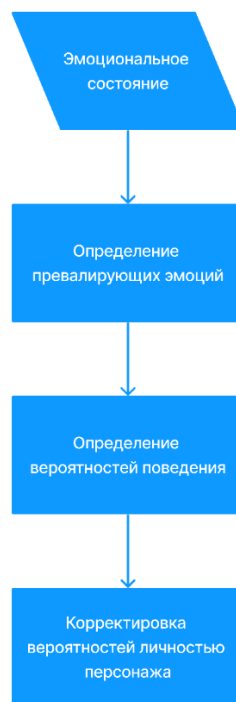


Рисунок 21 – Поведенческая модель

Выходными значениями поведенческой модели являются вероятности поведения, отличного от стандартного поведения персонажа.

3.2 Критерии и методы оценки модели

Исходя из того, что NPC зачастую обладают искусственными интеллектом, то и критерии реалистичности можно взять из статей описывающих реалистичный, или же человекоподобный, искусственный интеллект.

Согласно исследованиям [5], критерии следующие:

- 1 антропоморфные характеристики,
- 2 качество взаимодействия с человеком,
- 3 принятие и доверие к искусственному интеллекту.

Под антропоморфными характеристиками подразумеваются не только физические черты, но также и психические и эмоциональные состояния. Важно отметить, что, сама по себе, эти характеристики не являются достаточными. Под качественным взаимодействием имеется в виду поведение, которое люди обычно ожидают от других социальных акторов [12].

Третий пункт можно считать незначительным ввиду того, что искусственный интеллект уже давно является неотъемлемой частью широкого спектра жанров видеоигр, соответственно люди принимают этот факт и испытывают необходимый уровень доверия.

Соответственно модель можно оценить по уровню корреляции (по формуле коэффициента корреляции Пирсона).

Формула 4 – расчёт коэффициента корреляции

$$R_{X,Y} = \frac{M[XY] - M[X]M[Y]}{\sqrt{(M[X^2] - (M[X])^2)}\sqrt{(M[Y^2] - (M[Y])^2)}}$$

Корреляцию имеет смысл проводить между эмоциональным фоном, то есть длинной вектора эмоционального состояния, и социо-экономическими показателями.

Таким образом необходимо определить следующие корреляции:

- Корреляцию между эмоциональным фоном и средней зарплатой
- Корреляцию между эмоциональным фоном и количеством населения

3.3 Планируемые эксперименты

Замер метрик для созданного в данной работе технического будет проводиться на сцене с рисунка 22:

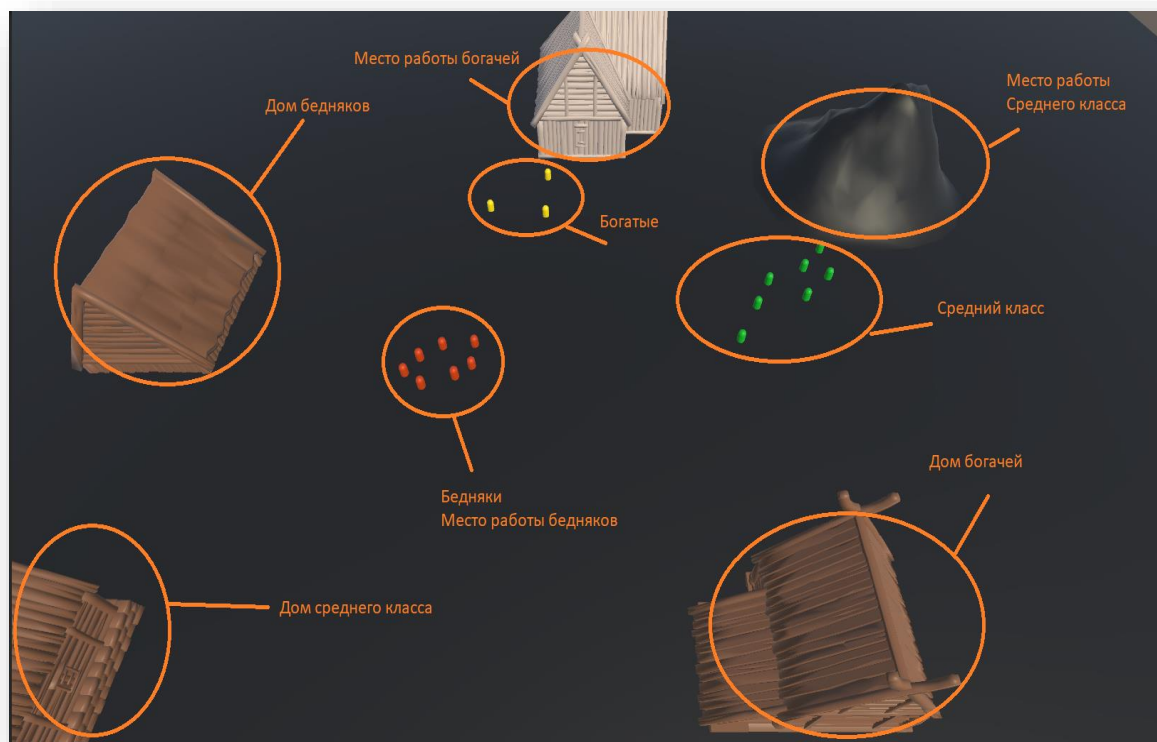


Рисунок 22 – песочница в которой проводятся эксперименты

Замер метрик будет проводиться по следующим тест кейсам:

Стандартное наблюдение:

- Наблюдение за поселением в течении 30 игровых дней без оказания внешнего воздействия
- Замер показателей эмоционального фона, количества населения, медианной зарплаты от игрового дня

Наблюдение под стрессовой ситуацией

- Наблюдение без вмешательства в течение 15 игровых дней
- На 16 день ликвидация рабочего места среднего класса
- Замер показателей эмоционального фона, количества населения, медианной зарплаты от игрового дня

4 Реализация

Техническое решение составлено на основе модели, прописанной на предыдущих этапах, а также на основе проектирования программной реализации, также составленного на предыдущих этапах. Таким образом, схема программной реализации представлена на рисунке 1.

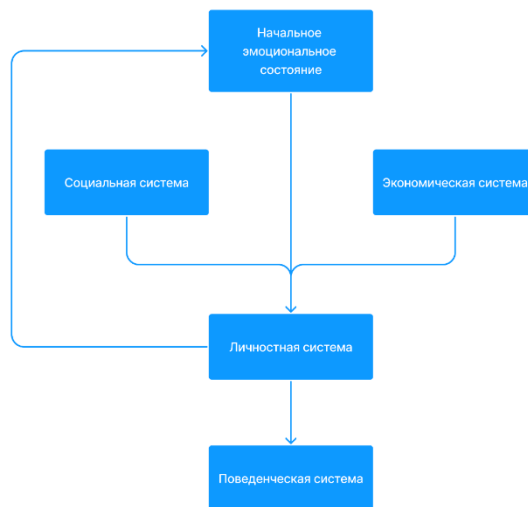


Рисунок 22 – Схема программной реализации

Для реализации технического решения используется движок Unity и язык программирования C# ввиду их распространённости, а также того, что в этом движке есть Event System, которая позволяет решать задачи, схожие по логике, с поставленной в работе.

4.1.1 Социальная система

На этапе проектирования было решено разбить социальную систему на 3 этапа:

- 1 социальное событие,
- 2 обработка социального события личностью персонажа,
- 3 первичная эмоциональная реакция.

Соответственно в начале надо сделать набор социальных событий исходя из социальных потребностей изображённых на рисунке 2, а также чтобы эти события генерировали набор показателей силы эмоции.

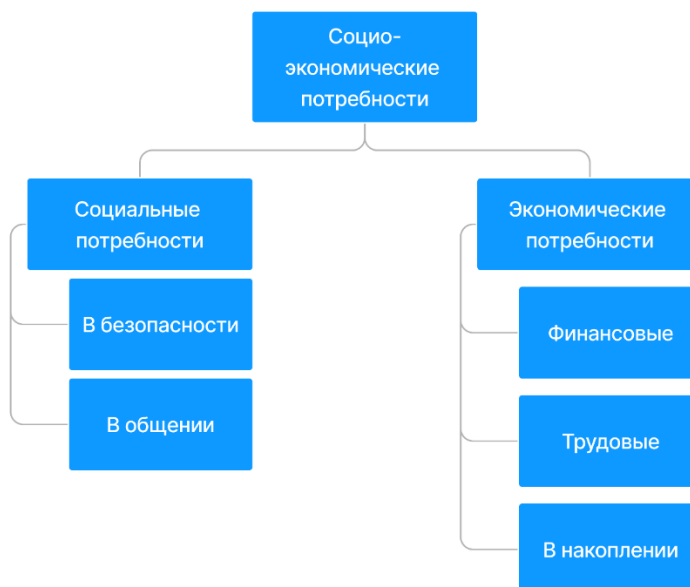


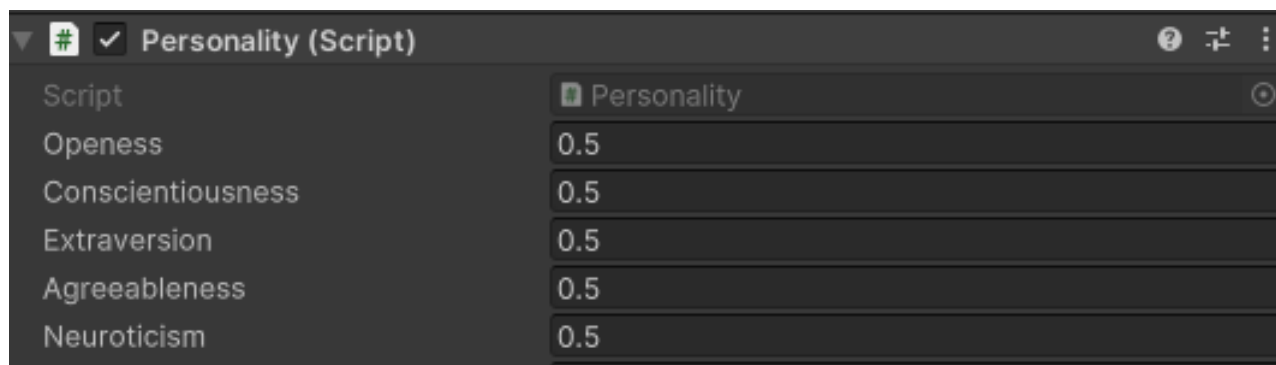
Рисунок 23 – Социо-экономические потребности персонажа

Для данного технического решения в качестве событий, влияющих на потребность в безопасности, было решено взять:

- 1 получение урона,
- 2 смерть другого NPC,
- 3 воровство со стороны игрока или других NPC,
- 4 восстановление здоровья.

В качестве событий, влияющих на потребность в общении, было решено взять диалог с игроком, причём сила удовлетворения потребности задаётся в зависимости от количество выбранных игроком диалоговых опций. Так, например, диалог, где игрок в итоге выбрал 3 опции будет влиять сильнее чем диалог, где игрок выбрал 1 опцию.

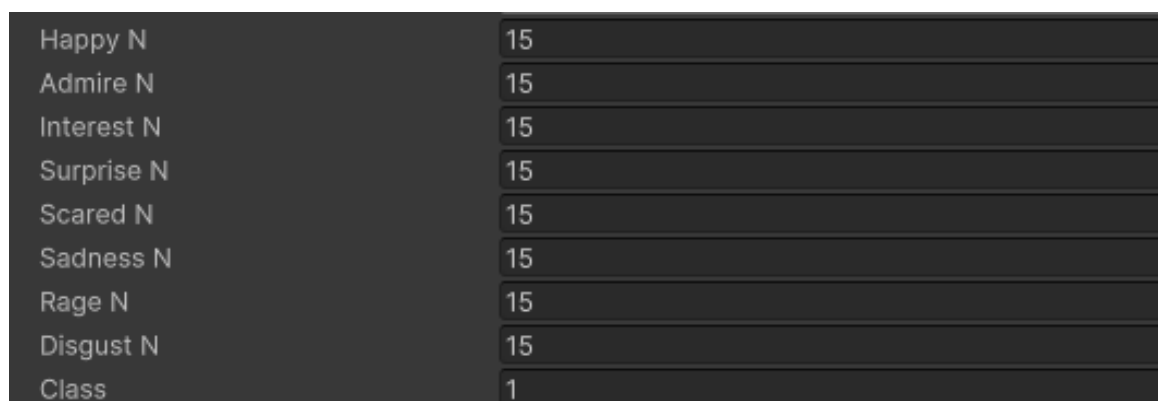
Так как в данное решение стремится к удобству настройки, то показатели большой пятёрки NPC, вынесены в публичные переменные, для удобства настройки, что показано на рисунке 3.



Script	Personality
Openess	0.5
Conscientiousness	0.5
Extraversion	0.5
Agreeableness	0.5
Neuroticism	0.5

Рисунок 24 – Вынесенные личностные переменные в значениях по умолчанию

Также было решено отдельно вынести изначальное эмоциональное состояние в публичные переменные, так как это позволит более наглядно показать изменения в эмоциональном состоянии NPC. Вынесенные переменные изображены на рисунке 4.



Happy N	15
Admire N	15
Interest N	15
Surprise N	15
Scared N	15
Sadness N	15
Rage N	15
Disgust N	15
Class	1

Рисунок 25 – Вынесенные эмоциональные переменные в значениях по умолчанию

После этого были заданы переменные социальных потребностей, которые нельзя задать вручную, но которые автоматически высчитываются исходя из показателей большой пятёрки.

Так на показатель потребности в безопасности влияют такие параметры как невротизм, уживчивость или, как её ещё переводят, доброжелательность и добросовестность. А на показатель потребности в общении влияют

открытость к опыту и экстраверсия. На рисунке 5 показаны формулы, по которым высчитываются эти потребности.

```
talkNeed = Openess * Extraversion * needConst;  
securityNeed = Conscientiousness * Agreeableness * Neuroticism * needConst;
```

Рисунок 26 – Формулы социальных потребностей

В этих формулах needConst равен 100 и создан для удобства работы с числами.

После этого была создана система эмоциональной реакции на удовлетворение или неудовлетворение потребности. То удовлетворена потребность или нет, определяется по тому выше ли текущее значение потребности чем высчитанное по коду выше или же ниже. Причём также был написан код, который, через Event System, повышает или понижает текущее значение потребности. Пример кода, который задаёт эмоциональную реакцию, представлен на рисунке 6.

```
EmotionChange(Happy = 17, Admire = 17, Interest = 17, Surprise = 17, Scared = 17, Sadness = 17, Rage = 17, Disgust = 17);  
EmotionalEvent.Invoke();
```

Рисунок 27 – Задача эмоциональной реакции на тестовое событие

После чего полученные эмоции обрабатываются значениями большой пятёрки персонажа, что в итоге даёт первичную эмоциональную реакцию.

4.1.2 Экономическая модель

На этапе проектирования было решено разбить экономическую систему на 3 этапа:

- 1 экономическое событие,
- 2 определение доходов и расходов NPC,
- 3 определение экономического положения NPC

Экономическое событие — это событие, влияющее на удовлетворение экономических потребностей. Это может быть как действие игрока или другого NPC, так и общие изменения среды, а также действия самого NPC. В данном решении это будут только действия игрока или NPC, так как это

достаточные события для демонстрации работы модели. Экономическое событие представляется в виде увеличения либо доходов, либо расходов.

Список экономических потребностей представлен на рисунке 2. В данном решении в качестве финансовых потребностей было решено задать количество детей и стоимость жизни, которая будет одинаковой у всех NPC. В качестве трудовых потребностей выступает один из четырёх статусов:

- 1 занят на высокооплачиваемой работе,
- 2 занят на среднеоплачиваемой работе,
- 3 занят на низкооплачиваемой работе,
- 4 безработный

А потребность в накоплении удовлетворяется или не удовлетворяется по результатам вычисления чистой прибыли NPC.

Определение доходов и расходов NPC через прибавление результатов экономического события к текущим расходам или доходам. Доходы и расходы имеют начальные показатели, которые заменяются в результате определения доходов и расходов, их самое первое значение задаётся вручную.

В итоге производится определение экономического положения NPC проходит через нахождение суммы общего капитала, состоящего из доходов и накопления, и общего долга, состоящего из расходов и долга. Положительный результат дальше записывается в накопление, а отрицательный в долг. По уровню долга или накопления и определяется экономический статус NPC. Таким образом формула определения экономического статуса выглядит следующим образом:

$$\frac{(I + \Delta I) - (S + \Delta S)}{(I + \Delta I)} * 100$$

В итоге, на выходе экономической системы получается число от 0.0 до 1.0, которая обозначает экономический статус персонажа.

4.1.3 Личностная модель

Эта модель отвечает за определение нового эмоционального состояния NPC исходя из результатов социальной модели, экономической модели, а также начального эмоционального состояния.

Таким образом формула личностной модели выглядит так:

(Эмоции + Текущее эмоциональное состояние) * Экономическое положение

Этот этап представляет из себя узел, для получения данных, из которых уже дальше будут получены вероятности поведения NPC, которые высчитываются в поведенческой модели.

4.1.4 Поведенческая модель

Так в ходе исследований была установлена взаимосвязь между параметрами большой пятёрки и поведением [4], то, помимо текущего эмоционального состояния, на вероятность определённого поведения будут влиять личностные параметры персонажа.

Схема работы поведенческой модели была описана на предыдущем этапе и представлена на рисунке 7.



Рисунок 28 – Поведенческая модель

4.1.5 UI элементы

Для демонстрации изменений в эмоциональном состоянии NPC и для демонстрации работы системы в целом было решено добавить UI элементы, которые бы:

- 1** `показывали имя NPC, чтобы их было проще различить и которое бы меняло цвет в зависимости от действий, к которым он был бы склонен,
- 2** показывали текущее эмоциональное состояние NPC,
- 3** показывает занятость NPC,
- 4** показывали доходы и расходы NPC,
- 5** показывали экономическое положение NPC.

Для этой цели также использовалась Even System, а также стандартные инструменты работы с UI доступные в Unity.

4.1.6 NPC

При нейтральном эмоциональном состоянии NPC ходят по своему ежедневному расписанию, а также, при пересечении путей, общаются между собой.

При негативном эмоциональном состоянии NPC имеют шанс напасть на другого NPC, убив его или нанеся ему урон, или обокрасть другого NPC, в случае низкого показателя эмоционального состояния.

При положительном же эмоциональном состоянии NPC имеют шанс дать другому NPC или игроку денег, а также вылечить другого NPC.

Игрок может:

- 1** заговорить с NPC,
- 2** атаковать NPC,
- 3** вылечить NPC,
- 4** дать NPC денег,
- 5** менять статус занятости NPC.

4.2 Проверка работоспособности

Проведём проверку на тестовом NPC. Он, вместе с UI элементами, показывающими его изначальные параметры, изображён на рисунке 8.

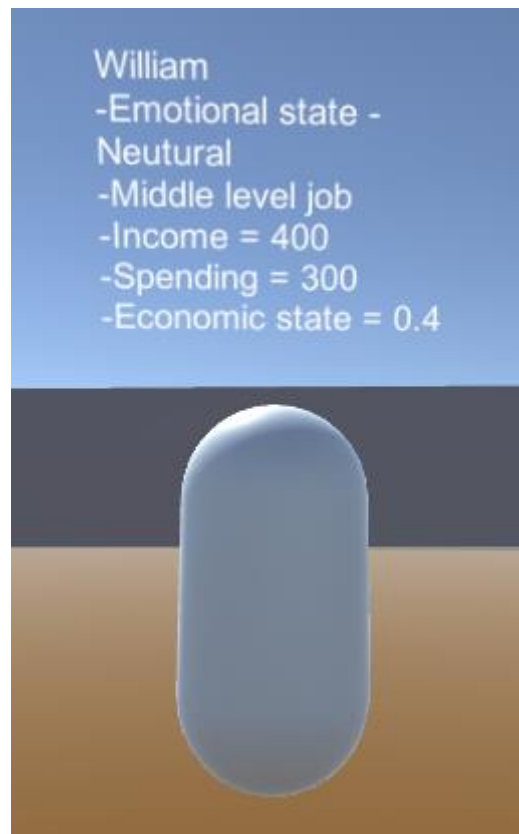


Рисунок 29 – Тестовый NPC

Как можно видеть, сейчас он не склонен к отклонениям от своего стандартного поведения ввиду нейтрального эмоционального состояния. Его траты равны 300, так как у него двое детей, а также расходы на себя в размере 100 условных единиц. Также он работает на среднеоплачиваемой работе.

Понизим статус занятости NPC и посмотрим, как меняется его поведение. Результат показан на рисунке 9.

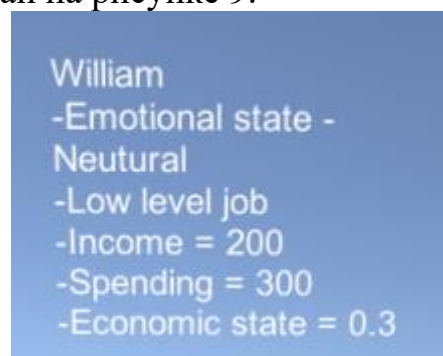


Рисунок 30 – Изменённые данные NPC

Изменений в эмоциональном состоянии мгновенно не произошло, а экономическое состояние снизилось не сильно. Дело в том, что у персонажа присутствовали накопления, поэтому изменения будут происходить медленно.

Нанесём персонажу урон два раза и посмотрим на результат на рисунке 10.

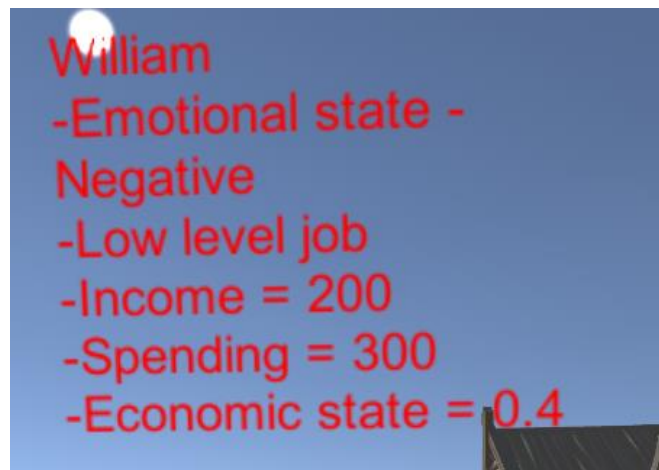


Рисунок 31 – Результат негативных действий в отношении NPC
Теперь подождём и посмотрим, какие действия NPC предпримет в отношении других NPC. Результат на рисунке 11.

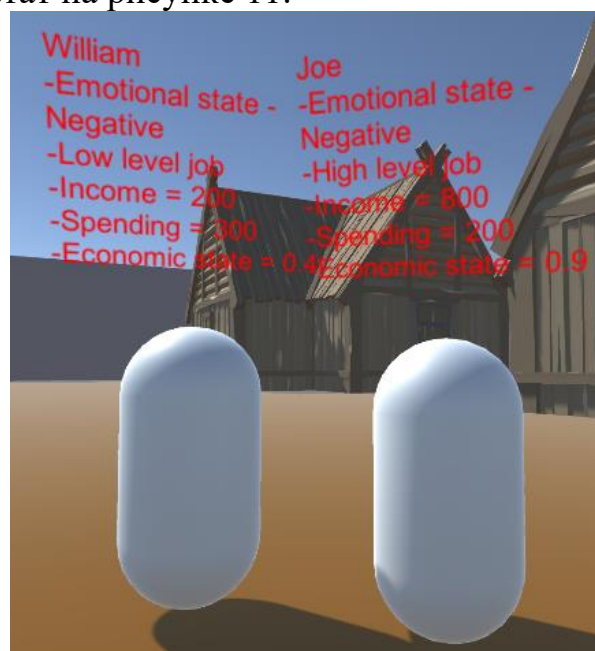


Рисунок 32 – NPC атаковал другого NPC
Как можно видеть, NPC не только атаковал другого NPC, но и тем самым снизил его эмоциональное состояние.

5 Проверка решения

5.1 Подготовка к экспериментам

В экспериментах будет проведено наблюдение в течении 30 игровых дней по трём параметрам:

- Эмоциональный фон населения
- Средняя зарплата населения
- Количество населения

Помимо разработанной модели, эксперименты также проводились для решения, используемого в игре Northgard, от студии Shiro Games. Эта игра была выбрана в связи с наличием системы счастья населения, а также наличием системы аналогичной системе доходов и расходов в созданном в ходе данной работы техническом решении.

5.2 Результаты разработанной модели

Наблюдения для разработанной модели проводились для двух разных сценариев:

- Стандартное наблюдение
- Наблюдение с вмешательством

В стандартном наблюдении на NPC не оказывалось никакого внешнего воздействия, в то время как в наблюдении с вмешательством на 16й день была создана кризисная ситуация, когда весь средний класс был лишён работы. Результаты измерений были в последствии нанесены на графики, и для них были рассчитаны коэффициенты корреляции.

На рисунке 33 представлены результаты для наблюдения без вмешательства, а рисунке 34, для наблюдения с вмешательством.

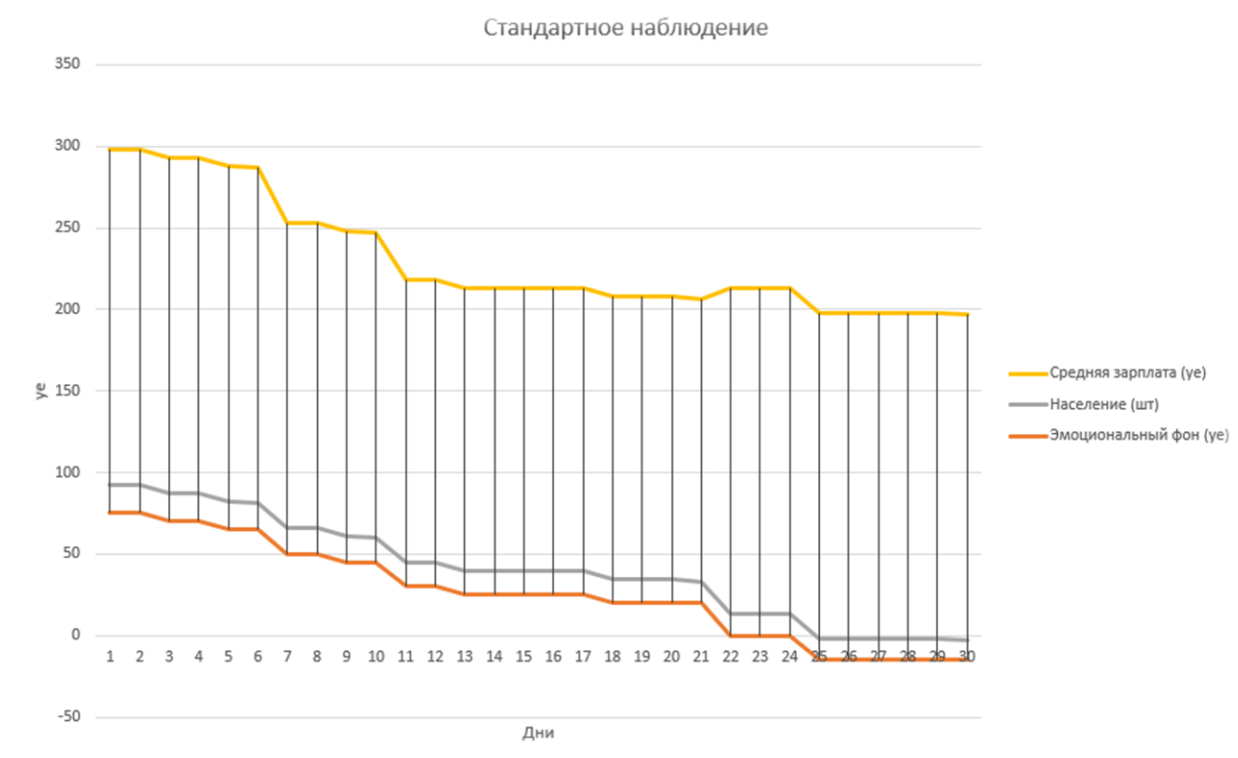


Рисунок 33 – Наблюдение без вмешательства

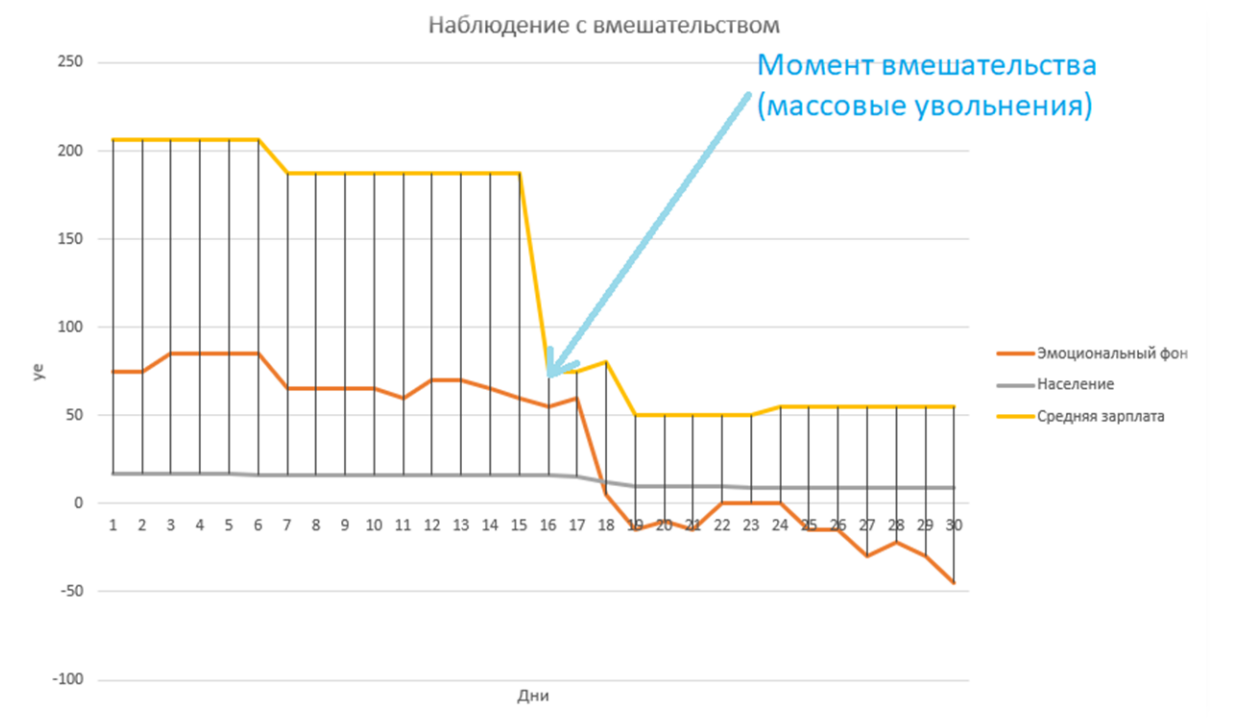


Рисунок 34 – Наблюдение с вмешательством

Подсчитав коэффициенты корреляции, получаем следующий результат:

- Коэффициент корреляции между эмоциональным фоном и средней зарплатой = 0.9156
- Между эмоциональным фоном и количеством населения = 0.9756

5.3 Результаты существующего решения

В Northgard есть встроенная механика стрессовых ситуаций, которая выражается в виде цикличности сезонов. При наступлении зимы падает производство необходимых для жизни NPC ресурсов, в том числе главного из них — еды. Поэтому в рамках данной работы еда была взята в качестве аналога заработной платы NPC.

На рисунка 35, 36 и 37 представлены результаты экспериментов с использованием решения из игры Northgard.



Рисунок 34 – График населения от времени



Рисунок 35 – График счастья от времени



Рисунок 35 – График ресурсов от времени

В итоге получаем следующие коэффициенты корреляции:

- Коэффициент корреляции между эмоциональным фоном и средней зарплатой = 0.3186
- Между эмоциональным фоном и количеством населения = 0.8452

5.4 Анализ результатов

Исходя из проведённых экспериментов можно заметить, что:

- В разработанной модели корреляция между социо-экономической динамикой и эмоциональным фоном больше 0.9, что можно считать высоким показателем
- Тем временем в существующем решении наблюдается высокая корреляция только между эмоциональным фоном и экономической динамикой, то есть можно предположить, что социальная системы не влияет на эмоциональный фон

Исходя из этого можно сказать, что у разработанной в ходе данной работы модели, есть преимущество в виде большей корреляцией между эмоциональным фоном NPC и социо-экономической динамикой, что, в свою очередь, позволяет сделать более реалистичное эмоциональное поведения, исходя из критерия антропоморфности.

Такой результат позволяет сказать, что эта система будет иметь положительный или, как минимум нейтральный, эффект на реалистичность игры, но, поскольку эффект не всегда строго положительный, то имплементация такой системы может быть излишней для проекта, даже если этот проект в жанре RPG. Так, например, проект с небольшим количеством NPC может вручную задать поведение NPC потратив при этом не сильно больше человеко-часов, но, при этом, добившись априори более реалистичного результата. Но, при этом, проект с большим количеством NPC может получить значительный прирост в реалистичности при относительно низких затратах человеко-часов, в случае если будет использована созданная в данной работе модель.

Таким образом можно сказать, что была создана полезная и востребованная, но при этом не универсальная, модель эмоционального поведения NPC в зависимости от социо-экономической динамики.

5.5 Потенциал для улучшения

В данной модели есть ряд элементов, улучшение которых сильно повысит реалистичность итогового поведения NPC. Эти элементы:

- Недостаточная отзывчивость поведения,
- Недостаточное количество взаимодействий с миром,
- Низкая контролируемость модели.

Первые две проблемы можно решить через увеличения сложности системы, что позволит добавить больше эмоциональных состояний и видов поведения, а также действий NPC.

Третья проблема решается добавлением дополнительных систем, которые бы меняли поведения NPC в зависимости от количества NPC в определённом радиусе от него, делая систему более или менее ярко выраженной в зависимости от количества населения.

Заключение

Целью данной работы было создание простой в имплементации модели, которая бы значительно повысило реалистичность эмоционального поведения NPC, в зависимости от социо-экономической динамики. Для оценки реалистичности были выбраны критерии, используемые для оценки реалистичности искусственного интеллекта.

В результате было создано и протестировано решение. Это решение, по итогам проведённых экспериментов, показало свою конкурентоспособность по отношению к существующим на рынке решением.

Таким образом можно заявлять, что данное решение может позволить создавать более реалистичных NPC, при этом не сильно увеличивая затраты на разработку.

При этом стоит учитывать, что система может быть относительно легко расширена, что позволяет решить ряд имеющихся у неё недостатков.

Результаты моей работы и исходный код, текст и пример с инструкцией к запуску опубликованы на публичном репозитории GitHub. Доступ к ним можно получить по следующей ссылке:

<https://github.com/GrishaShatLav/EmotionalBehaviour>

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Short T. Designing stronger AI personalities //Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment. – 2017. – Т. 13. – №. 2. – С. 111-117.
2. Nevill M., Sahlén L. Grand Strategy Games and Economies: The Effect of Complexity on Gameplay. – 2022.
3. G. Boeda, “NPCs Have Feelings Too: Verbal Interactions with Emotional Character AI.” Accessed: Jan. 09, 2023. [Online]. Available: http://www.jp.square-enix.com/tech/library/pdf/Boeda_Gautier_NPCs_Have_Feelings.pdf
4. Justindhas Y., Mohanraj S. M., Shivani R. A Synoptic Survey on Personality Prediction System using MBTI //2022 3rd International Conference on Electronics and Sustainable Communication Systems (ICESC). – IEEE, 2022. – С. 950-955.
5. Osuna E. et al. Development of computational models of emotions: A software engineering perspective //Cognitive Systems Research. – 2020. – Т. 60. – С. 1-19.
6. Hua M., Wang L. Effects of socioeconomic status on children's vocabulary brain development //Aggression and Violent Behavior. – 2021. – С. 101670.
7. 14. Schöllgen I., Huxhold O., Schmiedek F. Emotions and physical health in the second half of life: interindividual differences in age-related trajectories and dynamic associations according to socioeconomic status //Psychology and Aging. – 2012. – Т. 27. – №. 2. – С. 338.
8. Belle S., Gittens C., Graham T. C. N. Programming with affect: How behaviour trees and a lightweight cognitive architecture enable the development of non-player characters with emotions //2019 IEEE Games, Entertainment, Media Conference (GEM). – IEEE, 2019. – С. 1-8.
9. Mohsin M. A., Beltiukov A. Summarizing emotions from text using Plutchik's wheel of emotions //7th Scientific Conference on Information Technologies for Intelligent Decision Making Support (ITIDS 2019). – Atlantis Press, 2019. – С. 291-294.
10. Papageorgiou K. A. et al. Bridging the gap: A network approach to Dark Triad, Mental Toughness, the Big Five, and perceived stress //Journal of Personality. – 2019. – Т. 87. – №. 6. – С. 1250-1263.

11. claudine. “The Big 5 Personality Model and the 4Cs Mental Toughness Concept.” *AQR International*, 24 May 2021, aqrinternational.co.uk/big-5-personality-model-4cs-mental-toughness-concept.