наиболее востребованных элементов в практике российской промышленности включает [2]:

– интеллектуальный анализ данных о требованиях покупателей;

– интеллектуальный анализ данных о продукте и его эксплуатации;

– проектирование вариантов продукции на различных стадиях с помощью технологий искусственного интеллекта;

– предиктивный анализ продукции (износ, себестоимость, дефекты), основанный на технологиях искусственного интеллекта.

В заключении следует отметить, что развитие и внедрение цифровых инструментов на основе искусственного интеллекта в инновационные процессы промышленных организаций связано с уровнем их цифровой восприимчивости, скоростью реакции на изменения и уровнем финансовой устойчивости.

Следует отметить, что немаловажным фактором выступает уровень государственной поддержки таких проектов. Данное направление в инновационном развитии промышленных организаций нуждается в существенных инвестициях.

Список использованных источников

1. Попов, Е.В. Эволюция цифровых платформ инновационной деятельности / Е.В. Попов, В.Л. Симонова, А.Д. Тихонова // Вестник ПНИПУ. Социально-экономические науки. – 2022. – № 4. – С. 117–130.

2. Комаров, Н. М. Применение технологий искусственного интеллекта в инновационной деятельности промышленных предприятий / Н. М. Комаров, Д. С. Пащенко // Вестник евразийской науки. – 2023 – Т. 15 – № 6 – URL: https://esj.today/PDF/101ECVN623.pdf. (дата обращения 04.11.2024).

УДК 004.946

И.В. Сосновский, В.А. Коток, Д.Ж. Корзун
Петрозаводский Государственный Университет
Петрозаводск, Россия

МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ПЛАГИНОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ VR-ПРОЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ ОТСЛЕЖИВАНИЯ ЧЕЛОВЕКА

Аннотация. *В работе представлена модель выбора плагинов для задач отслеживания движения человека в пространстве виртуальной реальности (VR).*

Проведен обзор существующих библиотек для получения данных с VR-устройств на основе разработанной модели. Произведена оценка плагинов SteamVR, VRTK, Open XR и составлена сводная таблица их возможностей.

I.V. Sosnovsky, V.A. Kotok, D.Zh. Korzun
Petrozavodsk State University,
Petrozavodsk, Russia

PLUGIN EVALUATION MODEL FOR VR PROJECT DEVELOPMENT USING A HUMAN TRACKING SYSTEM

Abstract. *The paper presents a model for selecting plugins for human motion tracking tasks in virtual reality (VR) environments. A review of existing libraries for obtaining data from VR devices is conducted based on the developed model. An evaluation of the SteamVR, VRTK, and OpenXR plugins is provided, along with a summary table of their features.*

Для реализации отслеживания человека в пространстве виртуальной реальности (VR) используются VR-устройства такие как: VR – шлем, контроллеры и трекеры. Для того чтобы получать с них данные, применяются специализированные библиотеки, но не все подходят для выполнения той или иной задачи. В связи с этим существует проблема получения данных с VR-устройств при использовании разных плагинов. Целью работы является создание модели оценки плагинов для задач отслеживания движения человека и его апробация на основе исследуемых плагинов и реализация карты их возможностей.

Система виртуального отслеживания движения (СВОД) представляет собой программное обеспечение для ПК с подключенными к ним VR-устройствами. СВОД реализует VR-пространство, в котором пользователю необходимо выполнять упражнения, например, ходьба с разворотом, перешагивание коробки или лужи. Во время выполнения упражнения считываются данные с VR-устройств, анализируются, и определяется, есть ли у человека отклонения от нормы.

Модульная схема СВОД, представленная на рисунке 1, визуализирует используемые устройства для сбора данных, а также основные подсистемы и передаваемые между ними данные. Для реализации модуля отслеживания движения человека необходимо выбрать плагин, удовлетворяющий свойствам: Отслеживание и центровка шлема, контроллеров и трекеров, поддержка базовых станций, поддержка автономных шлемов и поддержка проводных шлемов. Удовлетворение свойствам выражается в погрешности

отслеживания движения Ɛ, выражаемое в оценке R, чем выше ее значение, тем больше плагин подходит для поставленной задачи.

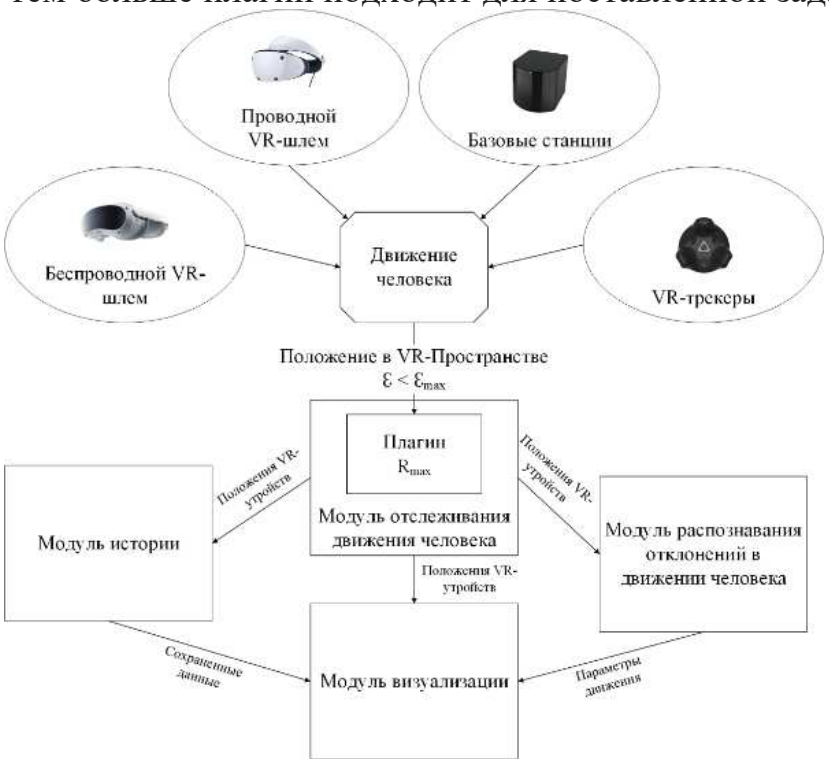

Рис. 1. Модульная схема системы виртуального отслеживания движения.

Для решения проблемы получения данных с VR-устройств для задач разработки СВОД, необходимо составить модель оценки плагинов провести исследование программных инструментов. Для оценки свойств используется понятие погрешности Ɛ, которое рассчитывается как среднее отклонение положения VR-устройств от идеального значения. Для оценки погрешности введем диапазон отклонений: $Ɛ_{min}$ и $Ɛ_{max}$.

Для оценки плагинов для задач разработки СВОД оцениваются следующие свойства:

1. Отслеживание и центровка шлема, контроллеров и трекеров, далее отслеживание и центровка устройств - ОЦУ: плагин должен обеспечивать отслеживание и центровку положения и ориентации шлема, контроллеров и трекеров с погрешностью не более $Ɛ_{max}$.

2. Поддержка базовых станций - ПБС: плагин должен поддерживать работу с базовыми станциями для обеспечения отслеживания в больших пространствах.

$$Ɛ < \frac{Ɛ_{max}}{i} \text{ мм} \quad S = i * 25 \text{ м}^2 \;\; 1 < i < 4 \quad (1)$$

где, S – это площадь покрытия, i – количество базовых станций.

3. Поддержка автономных шлемов - ПАШ: плагин должен обеспечивать работу с автономными шлемами без подключения к ПК на расстоянии до 10 метров.

$\varepsilon < \varepsilon_{max}$ при условии, что $i = 0$, $L < 10$ м, где i – количество базовых станций, L – расстояние от VR-устройства до ПК, гарнитура подключена по беспроводному каналу к ПК.

4. Поддержка проводных шлемов - ППШ: плагин должен поддерживать подключение проводных шлемов. $\varepsilon < \varepsilon_{max}$ при условии, что $0 < i < 4$, гарнитура подключена по проводу к ПК.

Для того, чтобы определить, подходит ли плагин для разработки СВОД, необходимо сформировать модель выбора – последовательность действий, которые должен осуществить прикладной разработчик СВОД для выбора плагина на основе вышеперечисленных свойств, в результате которой для плагина сформируется матрица (B) оценки свойств размером 3x3, где в первой строке выставляется бинарная оценка, поддерживает ли плагин данное свойство, $B_{j1} \rightarrow P_1$, где $P_1 = \{0, 1\}$, во второй строке выставляется оценка этих свойств, $B_{j2} \rightarrow P_2$, где $P_2 = \{0, 1, 2\}$, а в 3 строке определяется степень важности для разработчика этого свойства. $B_{j3} \rightarrow P_3$, где $P_3 = \{0, 1, 2\}$. Диапазон погрешности: ε_{min} = 1мм и ε_{max} = 5 мм для позиционирования и $\varepsilon_{min} = 0{,}1^{o}$ и $\varepsilon_{max} = 0{,}5\ ^{o}$. Модель выбора плагина представлена в приложении 1.

SteamVR – Плагин для Unity 3D, который позволяет использовать одно API, к которому могут подключаться все гарнитуры для ПК. Содержит функционал по обработке сырых данных от контроллеров (нажатие кнопок, изменение положения в пространстве), а также 3D-модели для отображения рук пользователя [1].

Для плагина SteamVR сформировано 2 матрицы и посчитано 2 оценки (Приложение 1, формулы 6 и 7) для случаев с использованием беспроводных ($B_{бш}$ и $R_{бш}$) и проводных шлемов ($B_{пш}$ и $R_{пш}$) соответственно:

$$B_{бш} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 0 & 2 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad R_{бш} = 6 \quad B_{пш} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 2 & 2 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad R_{пш} = 8$$

VRTK – Плагин для Unity 3D, имеющий коллекцию скриптов и концепций, которые служат для решения следующих задач: получение данных с контроллеров и шлема взаимодействие с виртуальными объектами и пользовательским интерфейсом [2].

Для плагина VRTK сформировано 2 матрицы и посчитано 2 оценки (Приложение 1, формулы 6 и 7) для случаев с использованием беспроводных ($B_{бш}$ и $R_{бш}$) и проводных шлемов ($B_{пш}$ и $R_{пш}$)

соответственно:

$$B_{бш} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \; R_{бш} = 2 \quad B_{пш} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \; R_{пш} = 2$$

Open XR – Плагин для Unity 3D, предоставляющий доступ к виртуальной и дополненной реальностям, представляет доступ ко всему, что нужно в VR: положение головы, рук, отслеживание трекеров, а также обработка нажатия кнопок. Данный плагин пришел на смену VRTK, SteamVR и специально разработанным SDK для каждой отдельной платформы (HTC Vive, WMR, Oculus), и соединил работу со всеми гарнитурами под одним API [3].

Для плагина VRTK сформировано 2 матрицы и посчитано 2 оценки (Приложение 1, формулы 6 и 7) для случаев с использованием беспроводных ($B_{бш}$ и $R_{бш}$) и проводных шлемов ($B_{пш}$ и $R_{пш}$) соответственно:

$$B_{бш} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 2 & 2 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad R_{бш} = 8 \;\; B_{пш} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 2 & 2 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad R_{пш} = 8$$

Все перечисленные выше плагины подходят для реализации VR приложений, но при решении определенных задач возникают сложности или неудобства, которые мешают реализации VR-проектов. Все особенности представлены в таблице 1. В таблице представлен функционал, который часто используется в VR-проектах и его реализация в разных библиотеках и оценка этого функционала для задач разработки СВОД.

Таблица 1. Функционал, используемый в VR и его возможности реализации с плагинами SteamVR, VRTK и Open XR для задач разработки СВОД.

Функционал	**Steam VR**	**VRTK**	**Open XR**
Отслеживание шлема, контроллеров и трекеров	Присутствует в полном объеме. B_2 =[1,2,2]	Присутствует отслеживание шлема и контроллеров B_2 = [0,0,2]	Присутствует в полном объеме B_2 = [1,2,2]
Центровка трекеров	Относительно шлема	Относительно шлема	Относительно одного виртуального объекта
Поддержка базовых станций	Поддерживает B_3 =[1,2,1]	Поддерживает B_3 = [1,1,1]	Поддерживает B_3 = [1,2,1]
Реализация для автономных шлемов	Не поддерживает B_1 =[0,0,1]	Поддерживает B_1 = [1,1,1]	Поддерживает B_1 = [1,2,1]

Реализация для проводных шлемов	Поддерживает B_1 =[1,2,1]	Поддерживает B_1 = [1,1,1]	Поддерживает B_1 = [1,2,1]
Поддерживаемые платформы	Valve Index, HTC Vive, Oculus, Windows MR	Oculus, Vive, Pico	Valve Index, HTC Vive, Oculus, Windows MR, Pico
Итоговая оценка	$R_{бш}$=6 и $R_{пш}$=8	$R_{бш}$=2 и $R_{пш}$=2	$R_{бш}$=8 и $R_{пш}$=8

В ходе данной работы была разработана модель выбора плагинов и в качестве демонстрации ее работы были оценены плагины SteamVR, VRTK и Open XR для задач разработки СВОД. Также было выявлено, что для разработки СВОД больше всех подходит плагин Open XR, т.к. он получил большую оценку как для беспроводных шлемов, так и для проводных. SteamVR подойдет для задач, в которых будут использоваться проводные шлемы, а VRTK в задачах, где не нужно отслеживание трекеров.

Список использованных источников

1. Ведерникова О. Г., Игнатьева О. В. Разработка интерактивного виртуального тренажера осмотрщика вагонов в среде Unity на платформе SteamVR // Транспорт Урала. 2023. Вып. 1. С. 26—32.
2. Сергеев Д. С., Шерстнев П. А., Ибатуллин М. Р. Обоснование выбора SDK для разработки XR приложения // Мавлютовские чтения : Материалы XVI Всероссийской молодежной научной конференции. В 6-ти томах, Уфа, 25–27 октября 2022 года. Том 5. 2022. С. 1057—1061.
3. Дымченко И. В. [и др.]. Использование межплатформенной среды разработки Unity-3D и технологии виртуальной реальности для создания VR-туров по объектам культурного наследия // StudNet. 2020. Вып. 3. С. 519—527.
4. Фатеенков Д. В. Применение стандарта OpenXR при разработке приложений в Unity с использованием технологий виртуальной реальности // Постулат. 2023. Вып. 1.