



О ПРАКТИЧЕСКОМ ПРИМЕНЕНИИ ПАНОРАМНЫХ ИНТЕРФЕЙСОВ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

А.Ю. Новичков (АО «Хоневелл»), В.А. Ивановский (ООО «Либролабс»),
Е.С. Баулин (ООО «Центр цифровых технологий»)

Рассматривается применение технологии виртуальных туров (ВТ) к решению производственных задач. Анализируются особые требования к ВТ для производственных объектов по сравнению с задачами для конечного потребителя. Описываются основные этапы реализации производственного панорамного интерфейса; приводится пример практического внедрения; формулируются основные тенденции развития ВТ для производства.

Ключевые слова: виртуальные туры, панорамные интерфейсы, фотопанорамы, HDR-технологии.

Введение

Виртуальные туры (ВТ), основанные на фотопанорамировании объектов, все более широко распространены в потребительском секторе. Это всевозможные навигаторы, туры по интересным местам и точкам продажи, маркетинговые приложения и пр. [1–3]. Наблюдается проникновение ВТ и в производственный сектор, но до сих пор нет должного понимания специфики и истинного потенциала применения этой технологии для решения производственных задач, в том числе в промышленности.

Среди первых внедрений в промышленности отметим:

- *задачи «двойного» назначения* (свойственное отчасти и потребительскому сектору). Это, например, навигаторы, помогающие выполнять производственные обязанности, или гиды по удаленным объектам с функцией отчетности о проведенных работах (например, для контроля выполнения этапов строительства);
- *задачи обучения (тренинга) работников*. Они особенно важны для обеспечения промышленной безопасности, например, при отработке планов действий во время эвакуации работников. В таких задачах ВТ превращаются в панорамные интерфейсы (ПИ) работника [4].

Функциональность производственных ПИ существенно расширена в сторону интерактивности (взаимодействия с пользователем), позволяя при этом отслеживать действия работника при выполнении заданий. Так, в отличие от в потребительских задачах становится важно, сколько переходов было совершено из некоторой исходной точки в заданную. Также необходимо соотносить число промежуточных точек пути с временем достижения заданной точки в реальной среде. При этом пользователь должен уметь определить, где он находится, с учетом большого числа повторяющихся элементов, свойственных производственным объектам (множественные коридоры, отличающиеся лишь в мелких деталях; идентичное, на первый взгляд трудно различимое оборудование и т. д.).

Именно в специфических условиях, в которых находятся, например, полевые операторы промышленных установок, проявляются преимущества ПИ перед 3D-анимацией (рис. 1). Во-первых, воссоздание большого объема однотипной реальности существенно увеличивает стоимость анимационного решения. Во-вторых, что еще более важно, для обучения работе в «поле» требуется четкая «привязка» к реальности, недоступная или слишком дорогая в анимации (так называемые «маркеры реальности»). Деятельность работника на производстве часто сопряжена с большими рисками, поэтому необходимо полностью исключить установку на игровые условия и снижение ответственности исполнителя. К таким задачам относится обучение «полевых» работников, тренинг действий в опасных ситуациях (в том числе при эвакуации из опасных зон, где маркеры реальности принципиально важны) [5].

К существенным особенностям ПИ следует отнести также следующие:

- *требования к полноте*. В производственный ПИ должно быть включено все, что по регламенту работы требуется для выполнения задачи. В потребительских турах объем воспроизводимой реальности более свободен и определяется общим назначением тура;
- *требования к актуальности*. Например, если изменение дорожных знаков может не повлечь за собой немедленно модификации в автомобильном навигаторе, то закрытие любого прохода на производственной площадке или изменение технологического оборудования автоматически требует пересъемки части ПИ;
- *установка пользователя*. В потребительских ВТ пользователь свободен в своих перемещениях (ходит по музею любыми маршрутами, не озабочиваясь реальной достижимостью тех или иных точек), а полевой оператор в ПИ связан условиями производственной задачи, и хотя это совсем не перемещение «по струнке», от него требуется четкое, надежное, безопасное и при всем том эффективное исполнение заданий без потерь рабочего времени. Следует учитывать при этом,

что физически видимый переход между двумя точками может в реальности быть небезопасным и, следовательно, не должен быть разрешен в ПИ.

С учетом описанных выше требований реализация ПИ на производственных площадках — целый проект, предусматривающий не только «визуальные», но и содержательные технологические аспекты. Ниже приведен основанный на опыте авторов краткий анализ сложностей реализации такого рода проектов. Описан практический пример создания ПИ.

Особенности реализации ПИ в промышленности

Выполнение проекта можно разбить на несколько логически взаимосвязанных стадий, каждую из которых нельзя рассматривать изолированно. При выполнении любой стадии могут быть предприняты действия, которые упростят выполнение следующих.

Первая стадия — *подготовительная*. Ее можно рассматривать как знакомство с объектом, для которого создается ПИ. Как показала практика, на многих российских предприятиях достаточно редко можно получить актуальную и детализированную план-схему объекта, поэтому предварительный осмотр всегда обязателен. В его ходе выявляются несостыковки имеющегося плана, определяется оборудование, которое обязательно должно попасть в панораму. Также выявляется наличие на объекте сложных мест, для съемки которых может понадобиться дополнительное оборудование. Естественно, при необходимости специалисты-разработчики ПИ проходят обучение технике безопасности и правилам поведения на объекте, оговаривается перечень спецодежды и средств индивидуальной защиты. Продолжительность этой стадии составляет от нескольких дней до недели рабочего времени в зависимости от объекта.

Вторая стадия — *фотосъемка панорам*. Каждая панорама состоит из семи рабочих кадров, снятых широкоугольным объективом: шесть в горизонтальной плоскости и один для верхнего надира (зенита). Этого достаточно для сборки сферической панорамы. Фотокамера устанавливается на специальную панорамную головку, позволяющую при вращении фотокамеры сохранять нодальную точку в неизменном положении [4]. Трудность фотосъемки в открытом пространстве состоит в большом контрасте между теневыми и освещенными зонами снимаемых объектов (рис. 2). Необходимо добиться, чтобы ключевые объекты были хорошо видны как в затененных, так и освещенных участках. Для этого приходится использовать фототехнику, снимающую с большим динамическим диапазоном, и прибегать к технологии HDR¹, что повышает необходимое число кадров (в среднем в 2,5 раза) и увеличивает последующие трудозатраты при обработке и сборке панорам. Необходимо учесть также, что место для установки штатива может быть ограничено, что затрудняет и замедляет

съемку. В особо сложных случаях приходится прибегать к дистанционному пуску затвора фотокамеры.

Масштаб работы, то есть число панорам, входящих в ПИ, — другая сложность в промышленных приложениях. В первом нашем проекте средняя скорость съемки составляла 45 точек в день. На сегодня по результатам 15 внедрений за счет приобретенного опыта и дополнительного оборудования производительность съемки одним фотографом увеличилась в среднем до 145 точек в день (в рекордном проекте — до 225 точек). В среднем в проекте ПИ для промышленной установки нужно рассчитывать на фотографирование 1300...1400 панорам при продолжительности работы в 10 дней (самый большой проект состоял из 2400 панорам и занял 17 дней). Учитывая при этом, что съемка проходит в режиме HDR и суммарное число кадров в панорамах, выполненных за день съемки, достигает 1000 ед., разбор и подготовка отснятых фотографий для последующей сборки панорам в ручном режиме занимает много времени. Это подталкивает разработчика к частичной автоматизации процесса обработки фотографий. Для этого были созданы соответствующие программные инструменты.

Наиболее эффективно, когда на объекте работает пара «фотограф и инженер». Задача инженера следить, чтобы нужное технологическое оборудование попало в кадр, фиксировать и отслеживать информацию об отснятых точках, которая потребуется как на стадии сборки панорам, так и на стадии конфигурирования переходов между панорамами, прокладывать возможные и безопасные маршруты для персонала. Поскольку актуальный план местности и самого объекта, как правило, отсутствует, инженер должен документировать расположение панорамных точек и важных объектов, которые на них запечатлены, то есть вести «легенду съемки».

Привязка точек к местности — отдельная проблема, над решением которой идет постоянная работа. На объекте расположено множество самых разнообразных по конфигурации и разновысотных площадок и переходов между ними. Кроме того, в силу специфики промышленных объектов (большой объем металлических конструкций), навигация по GPS невозможна. По этой причине инженер должен заниматься разметкой, то есть определять на местности, где должны быть отсняты панорамные точки. При этом необходимо соблюдать разумный баланс: с одной стороны, на панорамах должно присутствовать и должно быть четко различимо все ключевое оборудование, с другой — не следует порождать «лишние» точки, которые лишь усложняют топологию ПИ и увеличивают стоимость проекта.

Существуют два типа точек в ПИ: смысловые, поддерживающие необходимое для работы технологическое оборудование, и транспортные, связывающие панорамы в логичную сеть. Для транспортных точек

¹ HDR (High Dynamic Range Imaging) — технологии работы с растровыми изображениями, диапазон яркости которых превышает возможности стандартных технологий.

можно использовать расставляемые инженером метки на местности, которые не только помогают фотографу ориентироваться и выбирать правильную точку съемки, но и используются впоследствии при конфигурировании ПИ. Сложенность действий фотографа и инженера в конечном итоге существенно влияет на скорость выполнения всего проекта.

Треть стадия — *сборка панорам*. Это процесс может быть автоматизирован за счет разбора и группировки фотографий по точкам при сборке точек в панорамы. Однако полностью автоматическую сборку панорам затрудняют повторяющиеся текстуры решеток, перемещающиеся при съемке облака, однотонные, безфактурные плоскости. После сборки делается финальная постобработка панорамы — выравнивается тональность фрагментов панорам, проводится общая тональная и цветовая коррекция.

Четвертая стадия — *конфигурирование панорамного интерфейса*. Для сборки переход между панорамами используется специальное ПО (в наших проектах — Honeywell FieldView), предназначенное для конфигурирования различных интерактивных интерфейсов. Оно позволяет “оживлять” нужные объекты на панорамах и обеспечивает обмен данными с приложениями, моделирующими “жизнь” объекта (например, с имитационными тренажерными моделями). При конфигурировании панорам из-за большого объема работы и множества связей отдельных элементов ПИ с большой вероятностью возникают ошибки. Для разрешения этой проблемы разработан механизм, автоматически проверяющий ПИ на наличие непарных переходов между точками², ошибок в их направлении и т. п.

Пятая стадия — *конфигурирование активных элементов ПИ*. В зависимости от условий задачи это

могут быть показания датчиков, кнопки включения/выключения оборудования (насосов, воздушных вентиляторов), задвижки и клапана (ручные и дистанционные), аналоговые датчики уровня, температуры и пламени, манометры и пр. Скорость и точность выполнения этой задачи зависит от подробности записей инженера, сделанных на стадии съемки. Часто эта последняя стадия проводится на площадке заказчика, потому что при идентификации большого объема оборудования необходима постоянная сверка данных “по месту”. Здесь неоценимую помощь могут оказать специалисты заказчика.

Пример внедрения панорамы

Одной из реализованных авторами задач стала разработка ПИ для полевого оператора в рамках проекта по созданию тренажерного комплекса для российского нефтеперерабатывающего завода. Интерфейс содержал порядка 950 панорамных точек и был сконфигурирован в среде ПО Honeywell FieldView [4]. Указанное ПО позволяет не только объединить точки виртуальными переходами, но и конфигурировать активные элементы, связанные с тренажерной моделью, что дает возможность пользователю взаимодействовать с оборудованием, смоделированным в тренажерном комплексе.

Тренажерный комплекс применяется на НПЗ для отработки оперативным персоналом действий в нестандартных ситуациях. Однако панорамный интерфейс можно использовать и отдельно от тренажера для навигационных целей. Например, можно осуществлять поиск отмеченного оборудования и прокладывать к нему маршрут в ПИ, что позволяет познакомить новых сотрудников с объектом или напомнить опыт-



Рис. 1. Примеры панорамного интерфейса (однотипная реальность, многочисленное оборудование)

² В парном переходе — если из панорамы А можно перейти в панораму Б, то можно перейти и из Б в А.



Рис. 2. Примеры панорамного интерфейса (контрастное освещение)

ным сотрудникам о порядке проведения редких работ.

По результатам анализа действий пользователей оказалось, что опасения о трудностях ориентации в ПИ у операторов, не имеющих опыта работы с новым приложением, были напрасными. Наблюдая за действиями нашего инженера в течение 10...30 мин, операторы самостоятельно и вполне уверенно перемещались по виртуальному пространству, выполняя тестовые задания разработчиков.

Заключение

Описанная технология использования ВТ в производственных задачах представляются весьма перспективной. Панорамный интерфейс значительно дешевле аналогичных продуктов в анимационной 3D-среде, содержит необходимые для эффективного обучения маркеры реальности, менее требователен к вычислительной мощности оборудования учебного центра. Они легче в сопровождении и модификации. В задачах, в которых важны реальность воспроизводимой окружающей среды, ответственность при погружении в задачу, простота и удобство регулярных изменений, ПИ — хороший выбор.

Можно ожидать появления новых отдельных ВТ-продуктов, не связанных с системами управления и тренинга. Сфера их применения не будет ограни-

чиваться промышленностью, но затронет другие производственные сегменты (торговля, логистика, пр.). Следует также ожидать дальнейшего усиления интерактивных возможностей ВТ-продуктов.

Список литературы

1. Волобуева М.В. Виртуальный тур как эффективный инструмент маркетинга // Образование и наука без границ: социально-гуманитарные науки. 2017. № 8. 180-183.
2. Борисов Е.А. Трехмерная визуализация туристических объектов и маршрутов как элемент информационного обеспечения деятельности турагентств // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2013. 302-305.
3. Юленков С.Е., Котельникова С.В., Касаткин А.С. Современные виртуальные экскурсии и средства разработки виртуальных экскурсий в музейной деятельности // Решетниковские чтения. Информатика, математика, кибернетика, физика, механика. № 20. Т.2. 2016. 239-240.
4. Новичков А.Ю., Фролов А.И., Погорелов В.П., Дозорцев В.М. Интерфейс полевого оператора в компьютерном тренажере: 3D погружение или 2D панорама? // II междунаучно-практич. конференция «Человеческий фактор в сложных технических системах и средах» (Эрго-2016). СПб., 2016. 268-276.
5. Дозорцев В.М. Интерфейсы с погружением в обучение операторов технологических процессов // Датчики и системы. 2017. № 6. 54-64.

Новичков Алексей Юрьевич — консультант АО «Хоневелл»,

Ивановский Виктор Анатольевич — ген. директор ООО «Либролабс»,

Баулин Евгений Сергеевич — канд. техн. наук, ген. директор ООО «Центр цифровых технологий».

Контактный телефон 8-926-532-03-98.