

УДК 623.438.3.001.85

Качанов П.А., Зуев А.А.

МЕТОДЫ РАСЧЕТА ПОЗИЦИИ И ОРИЕНТАЦИИ НАБЛЮДАТЕЛЯ В СИСТЕМАХ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ТРЕНАЖЕРНЫХ КОМПЛЕКСОВ

В настоящий момент, появляются все новые и новые виды транспортных средств, возрастает их общее количество и сложность управления ими. При этом возникает необходимость в квалифицированных кадрах, которые умеют качественно обслуживать и управлять этими транспортными средствами. Обучение персонала с использованием техники дорогостоящий процесс, зачастую связанный с риском для жизни человека [1].

На сегодняшний день, наивысшую эффективность обучения обеспечивают интерактивные тренажеры транспортных средств на основе вычислительной техники. В состав таких тренажеров обычно входит кабина водителя с полной или частичной имитацией внутренней обстановки. Перед или внутри кабины располагается экран с имитацией окружающей обстановки. В состав комплекса может входить рабочее место инструктора, который управляет обучением и контролирует действия обучаемых. Комплексы могут быть объединены при помощи вычислительной сети, что позволяет проводить совместное обучение экипажей транспортных средств. В последнее время большое количество тренажеров стало оснащаться динамическими платформами (ДП), которые позволяют ориентировать кабину тренажера по нескольким углам в зависимости от положения транспортного средства.

Важнейшей частью в любой системе имитации окружающей обстановки для наземных транспортных средств является визуальное отображение окружающей обстановки. От того, насколько близко к реальности изображение на экране монитора, во многом зависит качество обучения. Для отображения окружающей обстановки обычно используется два типа устройств – мониторы (ЭЛТ, ЖКИ), либо проекторы. В случае использования мониторов, они устанавливаются внутри кабины тренажера и перемещаются вместе с ней. В случае использования проектора(ов), они располагаются вне кабины и проецируют изображение на неподвижный экран. Если при применении первого способа отображения расчет позиции и ориентации наблюдателя на виртуальном полигоне осуществляется стандартными для трехмерной графики средствами, то при использовании вынесенного за пределы кабины независимого проектора возникают определенные проблемы с построением (рендерингом) окружающей обстановки в заданный момент времени.

В статье предложен и детально рассмотрен один из методов расчета ориентации и положения наблюдателя, как при использовании внутреннего экрана, так и при использовании внешнего проектора.

Для построения изображения на экране средствами трехмерной графики принято использовать набор матриц, которые определяют ориентацию, местоположение наблюдателя, увеличение (если используются оптические приборы), поле зрения по вертикали и горизонтали. Рассмотрим, как формируются эти матрицы при использовании внутреннего экрана.

В большинстве систем визуализации процесс построения картинка происходит следующим образом – производится построение трехмерной сцены из треугольников, преобразование матрицей камеры, определяющей положение и ориентацию наблюдателя, и дальнейшее проецирование преобразованных треугольников на плоскость и по-

следующая растеризация полученных плоских треугольников. Проецирование осуществляется в системе линейной перспективы [2].

Матрица камеры M_v строится по следующему правилу (1)

$$M_v = M_\beta \cdot M_\alpha \cdot M_\gamma \cdot M_T, \quad (1)$$

где $M_\beta, M_\alpha, M_\gamma$ – матрицы поворота по азимуту, углу места и углу скручивания, соответственно; M_T – матрица смещения точки наблюдения.

Полученная матрица M_v перед преобразованием вершин инвертируется.

Таким образом, для задания ориентации и позиции наблюдения нам необходимо получить три угла, азимут β , угол места α и угол скручивания γ и три координаты в пространстве полигона

$$M_\beta = f(\beta), \quad M_\alpha = f(\alpha), \quad M_\gamma = f(\gamma). \quad (2)$$

При использовании внутреннего экрана, он перемещается вместе с кабиной и для формирования матрицы камеры используются углы ориентации транспортного средства (рисунок 1), т.е.

$$\beta = \beta_T, \quad \alpha = \alpha_T, \quad \gamma = \gamma_T, \quad (3)$$

где $\beta_T, \alpha_T, \gamma_T$ – азимут, угол места и угол скручивания транспортного средства, соответственно.

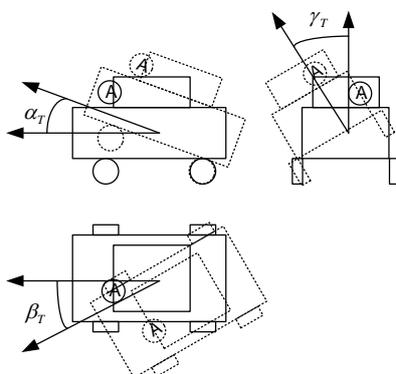


Рисунок 1 – Углы ориентации транспортного средства
А – прибор наблюдения (внутренний экран)

Для задания положения наблюдателя используются координаты наблюдательного прибора.

Если используется внешний экран, то рассмотренный выше метод не позволяет сформировать правильную матрицу камеры. В этом случае возникает ряд задач, которые необходимо решить:

- отображение части корпуса транспортного средства видимой из прибора наблюдения;
- учет углов наклона динамической платформы тренажера по углу места и углу скручивания;
- учет конструктивных ограничений динамической платформы по повороту;
- отработка колебаний поля зрения и платформы за пределами допустимых углов наклона платформы.

При использовании внешнего экрана необходимо отключать визуализацию корпуса, и навесных элементов транспортного с которого ведется наблюдение, т.к. обычно кабина тренажера имитирует внешний вид корпуса и навесные элементы. Этот факт накладывает ограничения на моделирование некоторых эффектов. Например, капли дождя на стекле смотрового прибора, при использовании внешнего экрана – корректного способа их смоделировать средствами трехмерной графики не существует, т.к. они должны находиться, между наблюдателем и видимой частью корпуса транспортного средства, а это невозможно по конструктивным причинам (см. рисунок 2), т.к. реальная плоскость изображения Б` формируемого проектором и необходимая для корректного отображения плоскость Б не совпадают.

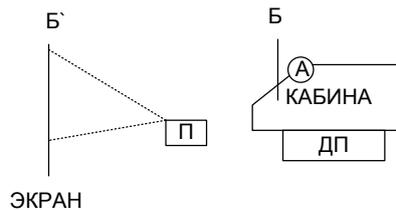


Рисунок 2 – Структурная схема тренажерного комплекса с использованием проектора для отображения внекабинной обстановки

А – точка наблюдения; ДП – динамическая платформа; П – проектор;
 Б – необходимая плоскость для отображения спецэффектов (грязь и капли дождя на стекле);
 Б` – реально возможная плоскость отображения спецэффектов

При формировании матрицы камеры необходимо учитывать то, что экран неподвижен и не связан с динамической платформой, поэтому углы наблюдения необходимо вычислять по следующей формуле

$$\beta = \beta_T, \quad \alpha = 0, \quad \gamma = 0. \quad (4)$$

Обычно, динамические платформы, используемые совместно с внешним экраном обрабатывают два угла наклона – угол места и угол скручивания, поэтому на эти углы нет необходимости поворачивать матрицу камеры, в расчетах их необходимо принять равными 0.

Современные динамические платформы ограничены по возможностям обработки углов поворота. Обычно величина обрабатываемых углов поворота не превышает 30–15 градусов. В некоторых случаях этого недостаточно для корректного отображения окружающей обстановки. Такие случаи возникают на критических углах при подъеме или спуске транспортного средства и при перевороте транспортного средства при моделировании аварийной ситуации. В таких случаях при превышении критического угла поворота необходимо дополнительно доворачивать изображение при помощи матрицы камеры, согласно выражению

$$\beta = \beta_T, \quad \alpha = \begin{cases} 0, & \text{и } \alpha < \alpha_k \\ \alpha - \alpha_k & \text{и } \alpha \geq \alpha_k \end{cases}, \quad (5)$$

$$\gamma = \begin{cases} 0, & \text{и } \gamma < \gamma_k \\ \gamma - \gamma_k & \text{и } \gamma \geq \gamma_k \end{cases},$$

где α_k, γ_k – критические углы поворота, обусловленные конструктивными особенностями динамической платформы.

При достижении динамической платформой критических углов происходит ее «стопорение» по этому углу и дальнейшая обработка движения по углу не производится. Такой эффект проявляется при движении по наклонной плоскости (рисунок 3).

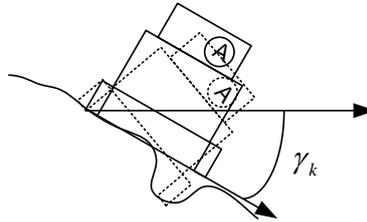


Рисунок 3 – Некорректная обработка углов наклона транспортного средства

Положение отработанное динамической платформой показано непрерывной линией, корректное положение (необходимое) показано пунктирной линией. Т.к. угол наклона при корректном положении превышает критический угол наклона платформы, он не обрабатывается, таким образом обучаемый находясь в кабине тренажера и перемещаясь по наклонной плоскости не чувствует колебаний транспортного средства и всегда перемещается как по гладкой поверхности.

Для минимизации данного недостатка, предлагается корректировать углы наклона платформы следующим образом, в качестве критических углов берутся не конструктивные α_k, γ_k , а меньшие углы $\dot{\alpha}_k, \dot{\gamma}_k$, например, согласно выражению

$$\begin{aligned} \dot{\alpha}_k &= m \cdot \alpha_k, \\ \dot{\gamma}_k &= m \cdot \gamma_k, \end{aligned} \quad (6)$$

где m – коэффициент запаса по углу, который рекомендуется брать в диапазоне от 0,6 до 0,8.

Подставим выражение (6) в (5) и получим формулу для расчета углов матрицы камеры

$$\begin{aligned} \beta &= \beta_T, \\ \alpha &= \begin{cases} 0, & \text{ï ðè } \alpha < m \cdot \alpha_k \\ \alpha - m \cdot \alpha_k & \text{ï ðè } \alpha \geq m \cdot \alpha_k \end{cases}, \\ \gamma &= \begin{cases} 0, & \text{ï ðè } \gamma < m \cdot \gamma_k \\ \gamma - m \cdot \gamma_k & \text{ï ðè } \gamma \geq m \cdot \gamma_k \end{cases}. \end{aligned} \quad (7)$$

Таким образом, при движении по наклонной плоскости динамическая платформа будет обрабатывать микро неровности рельефа местности, при этом конструктивные ограничения платформы будут корректироваться системой визуализации. Выражение (7) позволяет корректно моделировать внекабинную обстановку как при штатном движении транспортного средства, так и в аварийных и нештатных ситуациях.

Литература

1. Бусяк Ю.М., Васильченко О.Г. Построение структур данных обмена информацией между подсистемами тренажеров транспортных средств // Вестник Национального технического университета «Харьковский политехнический институт». Сборник научных работ. Тематический выпуск: Автоматика и приборостроение. – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2002. – №9, т. 7. – 198 с.
2. Раушенбах Б.В. Пространственные построения в живописи. Очерк основных методов. – М.: Наука, 1980. – 288 с.