

Vladimir R. Roganov,
ScD, professor;

Mihail J. Miheev,
ScD, professor;

Alexandr N. Seredkin,
ScD, assistant professor;

Valeriy O. Filippenko,
post-graduate;

Alexey V. Semochkin,
post-graduate;
Penza State Technological University

Capacity Assessment of Visual Conditions Imitators

Key words: *model space, modeling quality, vocational training on simulators*

Annotation: *The article contains a method for evaluating the possibility of using specific simulator visual conditions for solving set of technical tasks for simulator training of drivers of vehicles or aircraft pilot.*

Одной из актуальных задач, решаемых при разработке тренажёров для профессиональной подготовки водителей транспортных средств является создание имитатора визуальной обстановки (ИВО) (1), генерирующего вокруг обучаемого трёхмерную модель визуально наблюдаемого пространства с качеством достаточным для решения задач ориентации в пространстве (3). Термин «решение задач ориентировки» предполагает не только размещение на узнаваемом участке модели местности узнаваемых моделей расположенных там объектов, но и предоставление обучаемому возможность тренировать свой глазомер (умение определять расстояние до наблюдаемых объектов в реальной действительности, или умение определять расстояние до моделей).

ИВО состоит из двух основных узлов (4):

1) компьютерного генератора изображения, назначение которого за время (не более 120 мсек) воспроизвести на экране формирования промежуточного изображения двухмерную проекцию, видимой в заданных углах обзора, части трёхмерного моделируемого пространства;

2) устройства индикации, преобразующего с помощью оптики изображение с экрана формирования промежуточного изображения и особенностей зрительного аппарата человека в модель трёхмерного пространства (с качеством достаточным для решения поставленных перед ИВО задач).

Известно несколько методов построения ИВО (5). Большей частью они были разработаны в середине XX века для обучения на авиационных тренажёрах (АТ) пилотов летательных аппаратов (ЛА) (6). Их высокая стоимость, доходившая до 90% от стоимости авиационного тренажёра, а также некоторые ошибочные постулаты, лежащие в основе технологии моделирования трёхмерного изображения не позволяли расширять их область применения.

Снижение стоимости аппаратно-программных комплексов персональных компьютеров (ПК) — производительность которых сейчас соизмерима с производительностью специализированных аппаратно-программных комплексов, используемых ранее в ИВО и называемых компьютерными генераторами изображения (КГИ) типа Аксай, Альбатрос, Ариус (Указанные КГИ производились ранее на пензенских предприятиях), а также невысокая цена новых безочковых 3Диндикаторов на базе коллиматоров позволили:

1) использовать ранее разработанные алгоритмы синтеза двухмерной проекции визуально наблюдаемых трёхмерных моделей сцены на плоскость экрана формирования промежуточного изображения с использованием современных ПК;

2) использовать новые 3Диндикаторы, позволяющие преобразовывать ряд двухмерных проекций высвеченных на экранной плоскости с учётом особенностей зрительного аппарата человека в виртуальное изображение, воспринимаемое наблюдателем как трёхмерное с возможностью тренировать свой глазомер;

3) разрабатывать доступные по цене оптико-аппаратно-программные комплексы, моделирующие трёхмерное изображение с возможностью тренировать свой глазомер, для использования в различных отраслях народного хозяйства: в обучении, в музейном деле и т. д.

Это делает актуальным решение задачи анализа существующих решений с целью разработки или выбора ИВО, ориентированного для решения конкретных задач в разных отраслях народного хозяйства.

Назначение ИВО создать видимую обучаемым через остекление кабины тренажёра транспортного средства (летательного аппарата, автомобиля, корабля и т.д.) визуально наблюдаемую модель реально существующей местности с качеством достаточным для решения поставленной задачи управления транспортным средством в условиях оговоренных Техническим заданием, полученным от Заказчика в комплексе с остальными имитаторами тренажёра. Применительно к ИВО это предполагает возможность формирования у обучаемого определённых профессиональных навыков управления $P'(F(U_s, U_m))$, в рассматриваемом случае транспортным средством, при определённых условиях $F(U_s, U_m)$. Эти навыки должны соответствовать навыкам $P(F(U_s, U_m))$, получаемым водителем при управлении транспортным средством в реальных условиях S_r с учётом его опыта U_m . При тренировке на тренажёре, предполагаем, что имитаторы динамики, имитатор системы управления АТ максимально точно воспроизводит перемещение модели ЛА в виртуальном пространстве в зависимости от перемещения имитаторов органов управления. Тогда, при обучении посадке ЛА на ВПП, учитывая, что в основном это выполняется визуально, привитие профессиональных навыков управления будет во много

определяться возможностями УИ. В настоящее время, в авиационном тренажёростроении, используются четыре типа устройств индикации (УИ). Это УИ созданные по типу «Большеэкранные системы» (Рис.1), двухканальные УИ с диспаратными очками (Рис.2) (2), УИ на базе коллиматора с «узким зрачком» (Рис.3) (3), УИ на базе коллиматора с «широким зрачком» (Рис.4) (2).

Основным критерием для сравнения разных типов УИ является формирование визуально наблюдаемой модели Ω_i , сформированной конкретным УИ, информация от которой поступает к обучаемому. При этом совокупность всех моделей, получаемых обучаемым должна давать обучаемому целостную картину окружающей среды S при недопущении

$$\Omega_i \cap \Omega_j = 0, \quad i \in M, j \in M, j \neq i \quad (1)$$

где Ω_i — информация о месте положения наблюдателя в виртуальном пространстве, которую может поучить обучаемый от i -го имитатора;

Ω_j — информация о месте положения наблюдателя в виртуальном пространстве, которую может поучить обучаемый от j -го имитатора.

Учтём, что решение обучаемым достоверности получаемой информации зависит от совпадения получаемой информационной модели $I_T(t)$ от имитаторов с имеющимся у обучаемого информационной моделью (то что он предполагает видеть) $I_O(t)$, выработанную его опытом:

$$I_T(t) = \sum_{i=1}^N f_t(M_i),$$

$$I_O(t) = \sum_{j=1}^N f_o(M_j),$$

где $f_t(M_i)$ — информация, поступающая к обучаемому от i -й подсистемы тренажера в процессе его работы (N — число информационных подсистем тренажера);

$f_o(M_j)$ — информация, поступающая к обучаемому от j -й подсистемы реального ЛА в процессе полета, или прогнозируемая им на основе его жизненного опыта (M — число информационных систем, формирующих у обучаемого его собственное представление об окружающей среде и взаимодействии ЛА с ней, $N \subset M$).

При обучении на АТ могут быть как отдельные моменты времени t_m , так и интервалы Δt_m , когда выполняется (1). Эти ситуации целесообразно исключить из списка учебных, или использовать другие методы.

Требования реального времени не позволяют ни одному из существующих и разрабатываемых имитаторов АТ абсолютно точно смоделировать на тренажёре показания, которые пилот ЛА получает в полете [3]. Другими словами, в реальной действительности пилот ЛА от любого k -го устройства получает не совсем такую же информацию, как от его имитатора на АТ, т. е.

$$f_t(M_i) \neq f'_t(M_i),$$

где $f'_t(M_i)$ — информация, поступающая обучаемому (в данном случае пилоту ЛА) в реальном полёте от реальной i -й подсистемы ЛА.

$f'_i(M_i)$ — информация, поступающая обучаемому (в данном случае пилоту АТ) при тренировке от модели, воспроизводящей реальную i -й подсистему ЛА.

Однако, не вся информация, поступающая пилоту в полёте от k -го устройства $I(k)$, необходима для обучения. Например, совсем не обязательно имитировать малозаметный люфт стрелки магнитного компаса и т. п.

Как правило, во множестве полной информации $I(k)$ существует подмножество полной информации $I_u(k)$, достаточной для обучения: $I_u(k) \subset I(k)$. Если модель k -го имитатора воспроизводит $I_u(k)$, будем считать что этого достаточно для целей обучения. В то же время предполагаем, что данный имитатор согласован с остальными имитаторами, формирующими виртуальную реальность. Достаточно часто, кроме $I_u(k)$, можно выделить дополнительное подмножество желаемой информации $I_g(k)$, $I_u(k) \subset I_g(k)$, которое по возможности надо моделировать в рассматриваемом имитаторе. Присутствие $I_g(k)$ улучшает качество обучения за счёт улучшения модели $I_r(k)$ от рассматриваемого имитатора в сравнении с реальным объектом $I(k)$; $I_r(k) = I_u(k) + I_g(k)$.

Вместе с тем, модель k -го имитатора может формировать ложную информацию $I_l(k)$ (или информацию, отсутствующую в реальных условиях) и прививающую обучаемому ложные навыки.

Причиной $I_l(k)$ может служить как несовершенство используемых технических средств, так и ошибки, заложенные в базах данных или используемых математических моделях. При строгом рассмотрении эти негативные явления присутствуют всегда в любом имитаторе авиационного тренажёра $I(k)$. Доказано, это появление всегда ухудшает формирование у лётчика навыков пилотирования ЛА. Однако работа в этом направлении помогает принять ряд мер для снижения $I_l(k)$ и выполнения условия

$$I_l(k) \ll I(k) \quad (2)$$

Формирование любой виртуальной реальности обязательно сталкивается с этими же явлениями. Как правило, из-за различной скорости обработки информации в разных имитаторах при этом может сложиться следующая картина:

- недопустимое несоответствие задержки вывода требуемой информации (показания имитатора рассчитаны достаточно точно с желанием выполнить (2), но выданы обучаемому не вовремя, в результате выполняется (1));
- недостаточная точность выведенных значений, приводящих к выполнению (1) (наиболее часто встречается при попытке определить место нахождения в виртуальном пространстве визуально и по показаниям приборов).

Для борьбы с негативными явлениями на этапе разработки имитаторов необходимо проводить ряд мероприятий для исключения (1), или добиваться выполнения (2).

Ввиду сложности своевременного проведения параллельного анализа показаний имитаторов АТ в условиях реального времени, можно попытаться увеличить интервал Δt_r другими способами. В частности, примем во внимание, что большинство имитаторов АТ генерируют для обучаемого показание о виртуальном пространстве, используя локальные базы данных. Каждая такая база данных содержит зашифрованную модель виртуальной среды. Учитывая, что обучаемый должен ориентироваться в виртуальном пространстве, эти локальные базы данных должны быть согласованы. Это согласование может быть выполнено внесением в каждую локальную базу данных обязательной информации о наиболее важных для

ориентировки в пространстве объектах.

Примем к сведению, что мы не можем исключить (1), а можем только привести показания отдельных имитаторов к (2). Учитывая, что до 90% информации об ориентировке ЛА в пространстве обучаемый получает через остекление кабины, экраны радиолокатора, тепловизора будем считать, что наиболее важным для ориентировки в пространстве является соответствие визуально наблюдаемых изображений, получаемых от разных имитаторов. С учётом важности отдельных объектов рассматриваемой виртуальной сцены, которую можно наблюдать через различные имитаторы, и программно-аппаратные особенности разных имитаторов, на этапе разработки виртуальной сцены, отбирают те объекты, которые необходимы.

Следовательно, различные ИВО в принципе могут отличаться наиболее консервативным узлом, а именно УИ.

Выбор конкретного УИ должен осуществляться целью недопустимости (1).

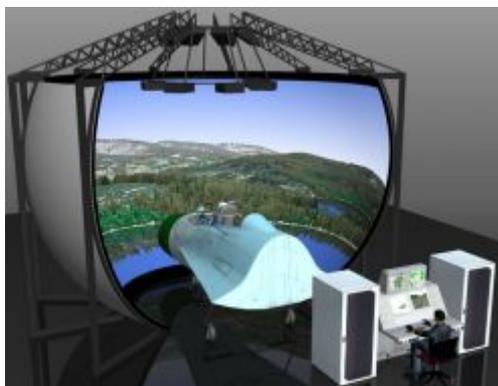


Рис. 1 – Пример ИВО с УИ созданного по принципу больше экранных систем



Рис.2. – Пример ИВО, разработанного фирмой САЕ, с двухканальным УИ с диспарантными очками



Рис.3 – Пример трёхканального ИВО, разработанного в ПКБМ, с тремя УИ на базе коллиматора с «узким зрачком»



Рис.4 – Пример кабины тренажёра АТ с ИВО с УИ на базе коллиматора с «широким зрачком» (2)

References:

1. Rohan VR. *Methods of forming a virtual reality*. Penza, PenzGU, 2002; 127.

2. *Canadian Aviation Electronics 1947-2014* [Internet] Available from: <http://www.cae.com/cae-terra-simulator/technology>.
3. *Jane's military training and simulation systems*. ISBN 0 7106 1138 2. Jane's Information Group Limited, Sentinel House, 163 Brighton Road, Coulsdon, Surrey CR5 2NH, UK; Jane's Information Group Inc, 1340 Braddock Place, Suite 300, Alexandria, VA 22314-1651, USA; 471.
4. Roganov VR. *The optical-hardware-software complex for 3D visual models: III International research and practice conference Science Technology and Higher Education: III International research and practice conference Science Technology and Higher Education*. Westwood, Canada: Accent Graphics communications, 2013, V.2; 483-491.
5. Roganov VR, Asmolova EA, Seredkin AN, Chetvergova MV, Andreeva NB, Filippenko VO. *Problem of virtual space modelling in aviation simulators*. *Life Science Journal* 2014;11(12s):371-373] (ISSN:1097-8135). [Internet] Available from: <http://www.lifesciencesite.com>.
6. Roganov VR, Kazancev AA, Semochkin AV. *Information flows in the "Three-dimensional medical atlas" optical-hardware-software complex: I International Scientific Conference: International Scientific Conference*. Chicago: publishing office Accent Graphics communications. Chicago, USA., 2013, V.1; 338-343 .