

О ПРИМЕНЕНИИ ТЕХНОЛОГИЙ WOLFRAM ПРИ СОЗДАНИИ И СОПРОВОЖДЕНИИ ИНТЕРАКТИВНЫХ УЧЕБНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Таранчук В.Б.

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь, taranchuk@bsu.by

Введение. В настоящее время аппаратное и программное обеспечение компьютера предоставляют разные возможности создания и использования электронных документов с компонентами интеллекта, динамической интерактивности. Такие документы имеют ряд преимуществ перед печатными изданиями. Актуальной является задача повышения эффективности использования электронных документов, определения требований к их содержанию, способам подготовки, правилам визуализации информации.

В данной работе описаны основные возможности и рекомендации применения технологий компании Wolfram Research при создании и сопровождении интерактивных учебных материалов. В частности, отмечены методы и технические решения интегрирования интеллектуальных средств системы компьютерной алгебры *Mathematica*, формата вычисляемых документов CDF, модулей коллекции свободно распространяемых демонстрационных интерактивных программных приложений. Предлагаемые методы иллюстрируются на примерах из практики подготовки и адаптации к конкретным группам обучаемых электронных учебных материалов преподаваемой в Белорусском государственном университете на факультете прикладной математики и информатики дисциплины «Компьютерная графика». Типовые составляющие электронного интерактивного учебно-методического комплекса перечислены и поясняются на примере изучения и решения задач одной из тем.

Базовый инструментарий

О системе *Mathematica*. В середине XX века на стыке математики и информатики возникло и интенсивно развивается фундаментальное научное направление компьютерная алгебра – наука об эффективных алгоритмах вычислений математических объектов. Направление компьютерная алгебра представлено теорией, технологиями, программными средствами. К прикладным результатам компьютерной алгебры относят разработанные алгоритмы и программное обеспечение для решения с помощью компьютера задач, в которых исходные данные и результаты имеют вид математических выражений, формул. Основным продуктом компьютерной алгебры стали программные системы компьютерной алгебры – СКА (Computer Algebra System, CAS). Программных комплексов, выполняющих символьные вычисления, достаточно много; систематически выходят обновления и описания возможностей новых версий. С обзором СКА по состоянию на 2008 г. можно ознакомиться в книге [1], текущее состояние и основные функциональные возможности описаны в [2, 3]. Большинство СКА не только применимы для исследования различных математических и научно-технических задач, но и содержат все составляющие языков программирования – де факто являются проблемно ориентированными языками программирования высокого уровня. Широкое распространение в настоящее время имеют следующие СКА: *Axiom*, *Derive*, *Maple*, *Mathematica*, *Maxima*, *MuPAD*, *Reduce*. Особое место занимают: система компьютерной математики *MATLAB*, математический пакет *Mathcad*. Лидерами СКА являются *Mathematica* и *Maple* – мощные системы с собственными ядрами символьных вычислений, оснащенные интеллектуальным пользовательским интерфейсом и обладающие широкими графическими и редакторскими возможностями. Эти две системы по факту являются кроме прочего интерактивными математическими энциклопедиями, в которых можно изучать описания, постановки задач, методы решения, выполнять упражнения.

Система компьютерной алгебры *Mathematica* компании Wolfram Research является одним из наиболее мощных и широко применяемых интегрированных интеллектуальных программных комплексов мультимедиа-технологии [4]. В системе реализованы и доступны пользователям практически все возможности аналитических преобразований и численных

расчётов, поддерживается работа с базами данных, графикой и звуком. *Mathematica* даёт пользователю возможности анализировать, манипулировать, иллюстрировать графиками все функции чистой и прикладной математики. Система обеспечивает расчеты с любой заданной точностью; построение двух- и трёхмерных графиков, их анимацию, формирование геометрических фигур; импорт, обработку, экспорт изображений, аудио и видео ([3, 4]). Отмечаются уникальные возможности *Mathematica* в научно-методическом обеспечении образовательного процесса и научных исследований в высших учебных заведениях.

Формат вычисляемых документов (CDF). Начиная с версии 8, пользователи *Mathematica* получили возможность создания интерактивных книг, отчётов, программных приложений в CDF формате [5]. Такие документы с помощью бесплатной программы CDF Player можно свободно распространять и работать с ними, в том числе в виде веб-объектов всех популярных браузеров. CDF документы можно создавать с инструментами интерактивности (меню, кнопками, указателями, бегунками, динамическими локаторами), с возможностями представления результатов в математической нотации, визуализации шагов вычислений и иллюстрирования графиками всех типов (1D, 2D, 3D, анимация), импорта и экспорта результатов во все общепринятые форматы данных и графики. Реакцией на команды пользователя через инструменты интерактивности являются обеспечиваемое использованием встроенной вычислительной подсистемы формирование и обновление контента. В документах формата CDF можно размещать текст, таблицы, изображения, аудио и видео, предусмотрено также использование печатной вёрстки и технических обозначений. Если предварительно необходимое запрограммировать, сгенерировать в *Mathematica*, то можно выполнять аналитические преобразования, вычисления, импорт и экспорт данных, графическую визуализацию; поддерживаются компоновки документа с разбивкой на страницы, со структурной детализацией; режим слайд-шоу, разные способы формирования и просмотра результатов в режиме реального времени. Важно, что формат CDF делает набор математических выражений семантически точным. В дополнение к качественной верстке, пригодной для публикаций, формулу можно вводить полностью набранной типографским способом и использовать для вычислений, доступно также указание формата вывода результатов: математическая нотация, формат языка программирования. Документ, первоначально созданный в одном стиле, можно преобразовать в множество форм: отчет, статья, учебник, презентация, инфографика или приложение, возможно немедленное обновление стилей динамического и статического контента.

Проект Wolfram Demonstrations (WDP). Компанией Wolfram Research создан и регулярно обновляется систематизированный каталог свободно распространяемых онлайн-интерактивных демонстраций - программных приложений-проектов ([6]). По состоянию на ноябрь 2015 г. в каталоге размещены и доступны посетителям сайта более 10360 презентаций-проектов. Целями WDP являются: демонстрация возможностей и приёмов программирования в системе *Mathematica*; расширение круга пользователей разработок Wolfram.

Включённые в каталог модули динамически с интерактивным интерфейсом иллюстрируют решения задач, различные процессы и понятия в широком диапазоне областей: математика, естественные науки, техника, экономика и т.д.; охватывают различные уровни знаний от элементарной школьной математики до сложных тем, например, таких как квантовая механика или модели биологических организмов.

Все включаемые в каталог демонстрационные примеры имеют непосредственно связанный с графикой или визуализацией пользовательский интерфейс, который динамически пересчитывается в ответ на такие действия пользователя, как нажатие на кнопку или перетаскивание графического элемента ([7]). Каждая демонстрация имеет описание представляемой идеи. Все модули коллекции доступны для свободного скачивания в формате системы *Mathematica NB* и формате вычисляемых документов CDF.

Примеры реализаций

Основные компоненты, применяемые средства создания и сопровождения интерактивных учебных материалов, интеллектуальных программных модулей отмечены на примерах дисциплины «Компьютерная графика», с деталями можно ознакомиться в [8, 9]. Специфика

преподавания предмета состоит в том, что в каждой теме изучается не только теоретический, но требуется сопровождающий иллюстративный графический материал. В отдельных темах математическая составляющая в теоретических частях достаточно сложная, важно иметь возможность делать на персональном компьютере выкладки и преобразования, причём в математической нотации, немедленно получать результаты выкладок (формулы, выражения, результирующие матрицы, числовые значения) и графические визуализации. Подготовка сопровождающего иллюстративного графического материала, создание такового в виде интерактивных панелей с формулами и получаемыми результатами преобразований, динамических графиков, поясняющих примеров-иллюстраций, обычно, предполагает сложные аналитические выкладки и геометрические расчёты; разработка соответствующих программных приложений требует не только специальных навыков, но и очень трудоёмка. В рамках предлагаемого подхода оснащения учебного процесса технологии и модули Wolfram используются при создании и предоставлении студентам следующих компонент:

- электронный конспект лекции, включающий изложение теоретического материала, дополнительных разделов математических основ с их конкретными приложениями на примерах задач по теме, иллюстраций выкладок и преобразований (в том числе с пошаговым выполнением);
- варианты заданий для самостоятельного выполнения, как правило – работающий программный модуль (без кода) и подсказки ключевых команд кода;
- программные модули из коллекции WDP для самостоятельного изучения;
- основные вопросы, зачетного комплекта.

Подробное описание и иллюстрации даны в цитированных выше публикациях, в частности, на примере изучения тем «Геометрические преобразования в 2D и 3D. Матричное представление, композиция 3D преобразований» и «Линейные, нелинейные фильтры» приведены пояснения фрагментов электронного конспекта. С предоставляемыми студентам интерактивными программными модулями можно работать в *Mathematica* или, используя CDF Player; есть изложение теории, ссылки на учебники и методические материалы, формулировки заданий для выполнения; все тексты, где есть формулы, записаны в математической нотации, в выражениях можно выполнять символьные вычисления, преобразования, операции с матрицами, строятся требуемые изображения; можно конструировать выражения, сочетая стандартные арифметические операции и применение элементарных функций, менять значения параметров, получать и просматривать результаты, комбинировать операции, все тексты, формулы, изображения можно экспортировать в rtf, pdf, копировать в буфер, экспортировать и использовать в других программных приложениях.

Примеры программных модулей, используемых в темах дисциплины. Ниже упомянуты и поясняются нескольких типичных интерактивных презентаций (программные приложения-проекты), которые подготовлены с использованием модулей из коллекций [6], на рисунках 1 – 3 показаны фрагменты скриншотов. Проектов по каждой теме много. Например, отметим модули, которые используются при изучении разделов «Математические основы машинной графики»: Understanding 2D Translation; Understanding 2D Shearing; Understanding 2D Rotation; Understanding 2D Reflection; Understanding 2D Rescaling; 3D graphics modules: Understanding 3D Rotation; Understanding 3D Scaling; Understanding 3D Reflection; Understanding 3D Shearing; Two Models of Projective Geometry; Orthographic Projection of Parallelepipeds; Stereographic Projection of Platonic Solids; Dissection of a Prismatoid into Prisms; Cutoff Parallelepipeds. Перечисленные выше проекты вызываются на сайте [6], можно загрузить коды NB или CDF документы, а для доступа к нужному проекту достаточно в запросе поиска набрать тему или ключевое слово – гиперссылками с миниатюрами и названиями будут представлены все подходящие приложения.

Во всех модулях визуализации в NB, CDF документах кроме управления ползунками на панелях (геометрическими параметрами, цветами, прозрачностью выводимых объектов) пользователь может менять масштаб объекта, поворачивать его во всех направлениях.

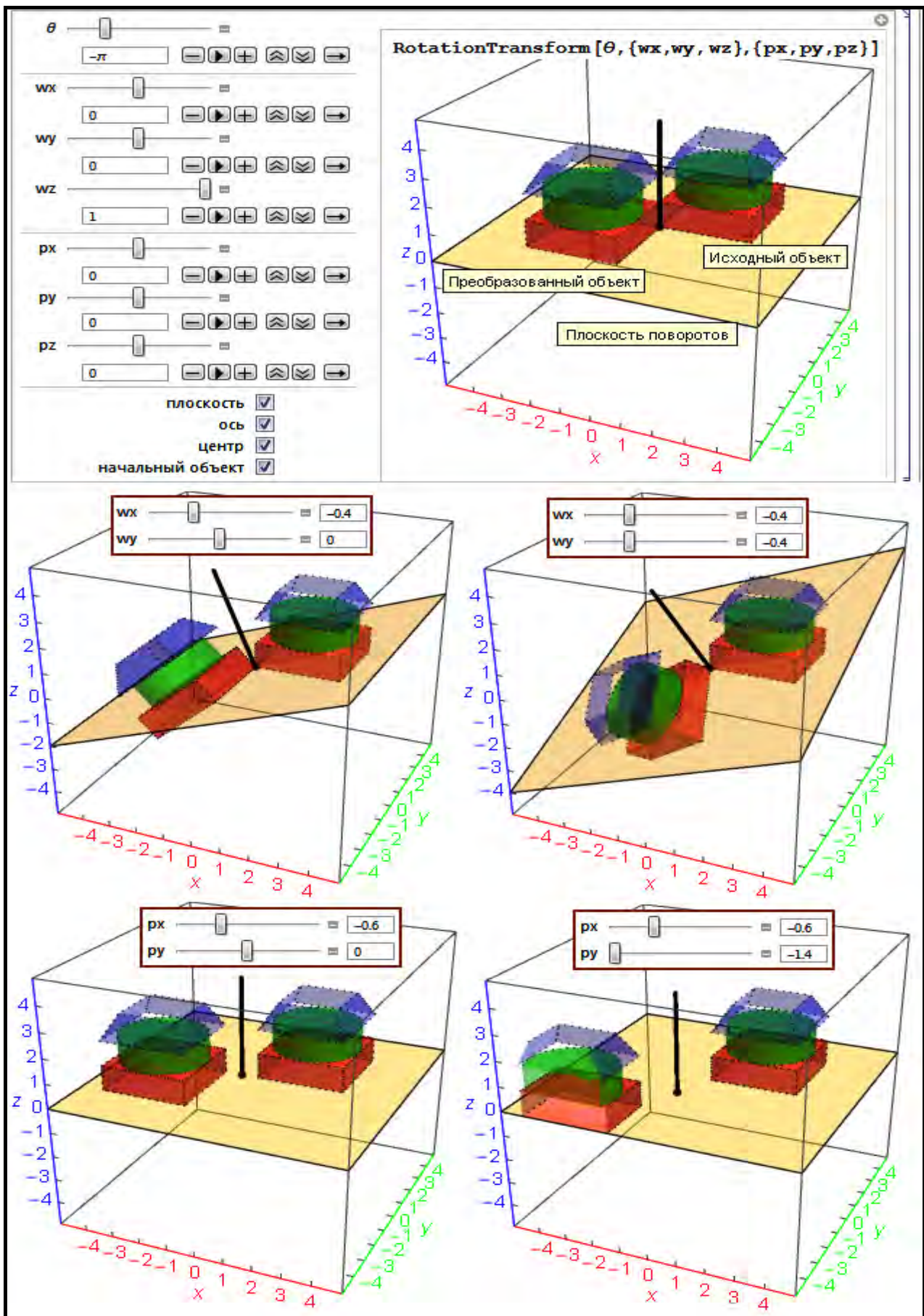


Рисунок 1 - Фрагмент панели управления, окна вывода с пояснениями объектов сцены, кадров с результатами

Студентам для изучения алгоритмов, получения контрольных вариантов решений предоставляются доработанные проекты-приложения, в которых изложение дается в русскоязычной терминологии, оформление графики сделано, как в базовых учебниках и пособиях; комментарии в модулях переведены на русский язык. Частично это иллюстрируется на рисунке 1 примером программного модуля Understanding3DRotation+.cdf, который адаптирован по оригиналу из каталога Wolfram Demonstrations Project Understanding3DRotation-author.nb (сделан перевод, уточнены начальные ракурсы и масштаб просмотра, добавлены пояснения частей кода, изменены используемые в преобразованиях фигуры, добавлен блок выбора альтернатив - более чем 10 вариантов разных фигур). На рисунке в верхней части слева показаны элементы панели управления, справа – вид окна в статике с начальными установками положения и ракурса осмотра, ниже - несколько кадров с результатами работы модуля. Изменение значений wx, wy, wz – повороты, изменение rx, ry, rz обеспечивает перенос в соответствующем направлении; также реализованы и алгоритмы отсечения – видно на нижнем правом фрагменте рисунка. В приложении можно перемещать и поворачивать получаемую сцену; каждое действие управления можно выполнять, задавая значение параметра в поле ввода или перемещением бегунка, также можно запускать просмотр с автоматическим изменением параметра, регулировать скорость и направления прокрутки видео.

В модуле отдельно даны комментарии к основным функциям и опциям кода, чтобы студенты могли вносить изменения, а также заимствовать приёмы написания программы, упражняться, используя другие графические примитивы и фигуры. Например, поясняя использованную в коде функцию формирования и вывода графики Graphics3D, предлагается в качестве исходного объекта вместо приведенного объекта-комбинации (кубоид, цилиндр и полигон, определяемый координатами, ребрами и гранями) получить изображения и упражняться, осваивая преобразования на примерах сферы или цилиндра, конуса и др. (Sphere, Cylinder, Cone, Ball, Parallelepiped, Cuboid, Pyramid).

В части оформления, настройки вида объектов сцены в упражнения включены пояснения правил подготовки сопровождающих подписей (Style, BaseStyle, TraditionalForm, StandardForm, FormatType, FontFamily, AxesStyle, LabelStyle, TicksStyle, GridLineStyle, MeshStyle, BoundaryStyle, FillingStyle, ClippingStyle); задания толщины и типа линии (Thickness, AbsoluteThickness, Dashed, Dotted, DotDashed, Thick, Thin); цветов, прозрачности и имитации освещения (Colors, GrayLevel, RGBColor, CMYKColor, LABColor, Opacity, Lighting, Specularity); управления кадром вывода (ImageSize, PlotRegion, PlotRange, PlotRangeClipping, AspectRatio, BoxRatios, Scaled, BoxStyle).

Относительно применяемых в модуле функций преобразования RotationTransform, TranslationTransform – дополнительно записаны пояснения и упражнения, чтобы студенты освоили функции системы AffineTransform, GeometricTransformation.

Особое внимание уделено вопросам программирования динамического вывода, использования инструментов интерактивности – поясняются функции и опции динамических вычислений, включения и выключения индикаторов, организации флажков, кнопок, иерархических и выпадающих меню, локаторов (Manipulate, Dynamic, Initialization, Delimiter, PopupMenu, Checkbox, CheckboxBar, RadioButtonBar, SetterBar, TogglerBar, ControlType, Locator, Slider, Slider2D, ColorSlider, SaveDefinitions, AutorunSequencing).

В докладе также будут приведены и пояснены примеры адаптации и доработки интерактивных динамических модулей типа «Пятиступенчатая ручная коробка передач» (скриншот дан на рисунке 2, исходный модуль - FiveGearManualTransmission) и «Прямая кинематика гуманоидного робота» (скриншот дан на рисунке 3; исходный модуль – ForwardKinematicsOfHumanoidRobots). По первой группе будут даны адреса источников и показан видеоряд модулей Cogwheel Drive, Continuously Variable Transmission, Deltic Engine, Driving a Piston, Elliptical Drive, Radial Engine, Rhombic Drive for Stirling Engine, Rhombic Drive for Speed Governor, Rotary to Linear Motion, Sanderson Engine, Scuderi Split Cycle Engine, Single- and Multi-bank Engines Using Four-Stroke Cycle, Steam Locomotive Drive, Straight Cylinder Engine, Swash Plate Drive, Universal Joint, Watt Speed Governor.

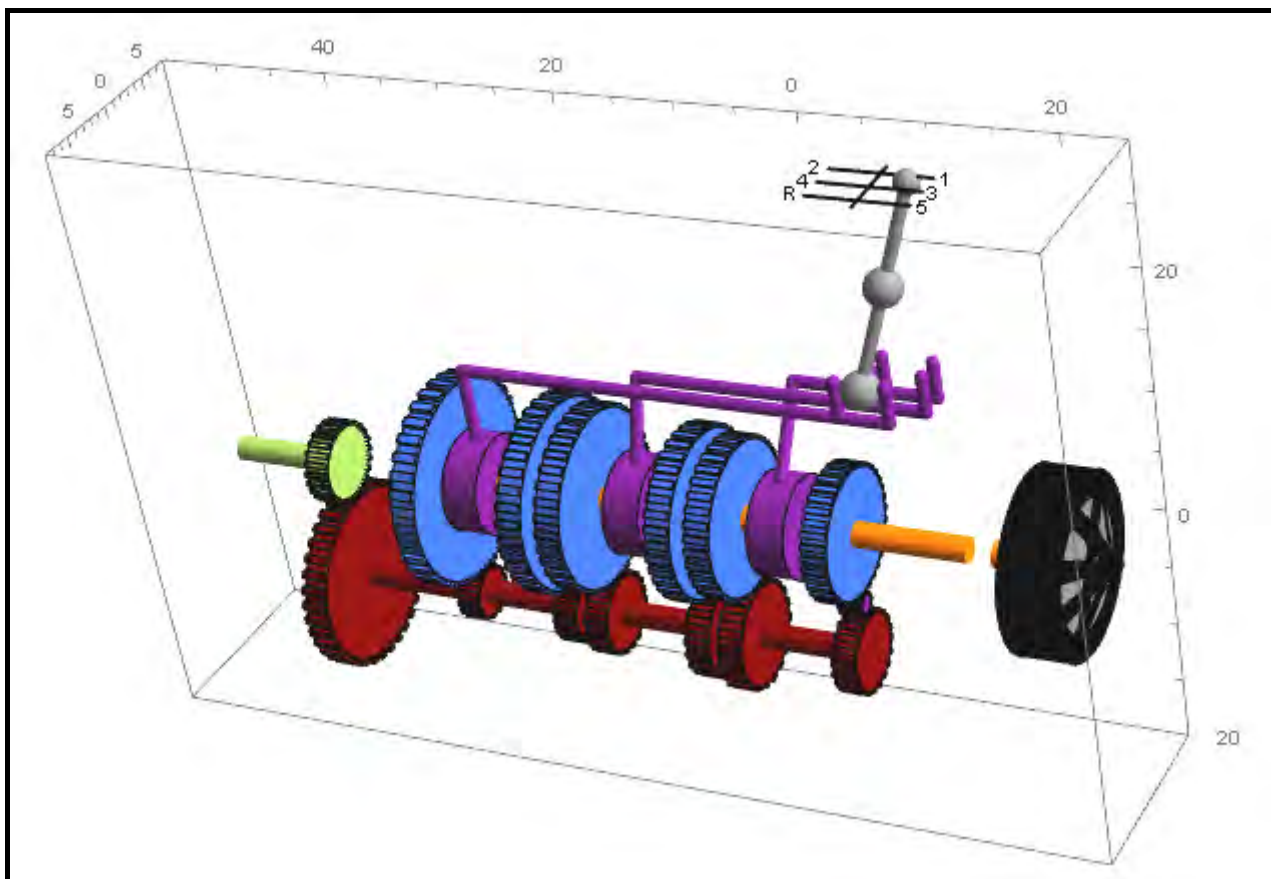


Рисунок 2 - Фрагмент окна вывода модуля «Пятиступенчатая ручная коробка передач»

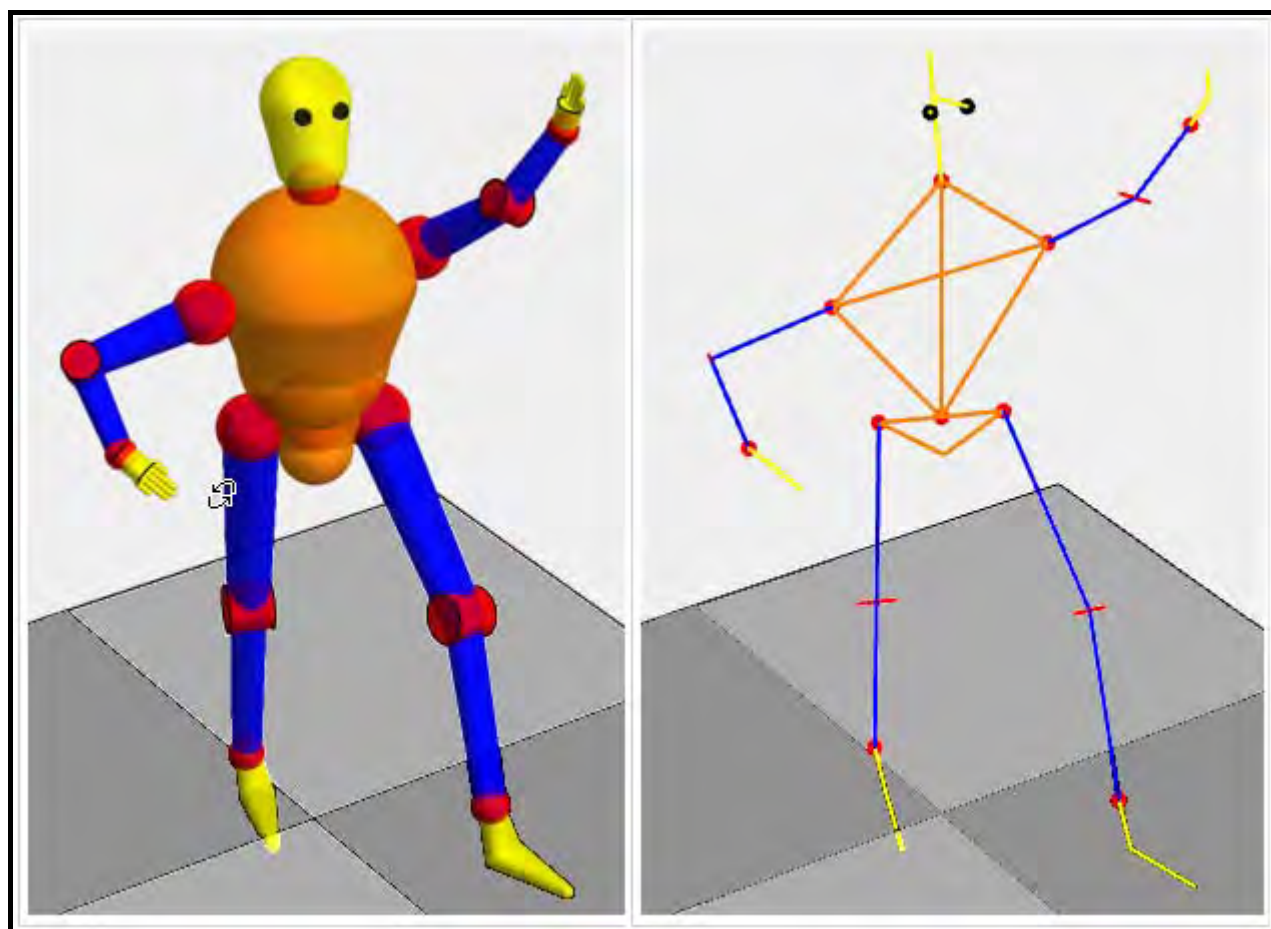


Рисунок 3 - Два варианта окна вывода модуля «Прямая кинематика гуманоидного робота»

Заключение

Описание компонент электронного документа поясняет, как применяемые средства обеспечивают процесс изучения дисциплины, когда достаточно сложный теоретический материал увязывается с задачами усвоения и реализации базовых алгоритмов. Предлагаемая методика интегрирования интеллектуальных средств системы *Mathematica*, формата вычисляемых документов CDF, модулей коллекции демонстрационных интерактивных приложений расширяет границы создания и свободного распространения электронных интерактивных образовательных ресурсов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дьяконов, В. Энциклопедия компьютерной алгебры / В.П. Дьяконов. – М.: ДМК Пресс, 2009. - 1264 с.
2. List of computer algebra systems [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_computer_algebra_systems. – Дата доступа: 8.02.2015.
3. Таранчук, В.Б. Основные функции систем компьютерной алгебры : пособие для студентов фак. прикладной математики и информатики / В.Б. Таранчук. – Минск : БГУ, 2013. – 59 с
4. Wolfram *Mathematica*. Наиболее полная система для современных технических вычислений в мире [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.wolfram.com/mathematica>. – Дата доступа: 8.02.2015.
5. CDF. Документы оживают благодаря возможностям вычислений [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.wolfram.com/cdf>. – Дата доступа: 8.02.2015.
6. Wolfram Demonstrations Project [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://demonstrations.wolfram.com>. – Дата доступа: 8.02.2015.
7. Таранчук, В.Б. О создании интерактивных образовательных ресурсов с использованием технологий Wolfram / В.Б. Таранчук // Информатизация образования: - 2014. - № 1. - С. 78 - 89.
8. Таранчук, В.Б. Возможности и средства Wolfram Mathematica для разработки интеллектуальных обучающих систем / В.Б. Таранчук // «Научные ведомости БелГУ»: - 2015. - № 1 (198) выпуск 33/1, раздел системный анализ и управление, Белгород. - С. 102 – 110.
9. Таранчук, В.Б. Об использовании системы Mathematica при подготовке и распространении интерактивных графических приложений / В.Б. Таранчук, В.А. Кулинкович // Весці БДПУ. Серыя 3: 2015. - №2 (84). - С. 58 - 64.

В случае, если материал будет размещаться не в цвете, просьба сообщить – будет дана версия с иллюстрациями в оттенках серого.