

## ФОТОРЕАЛИСТИЧНА КОМПЮТЪРНА ГРАФИКА В ОБУЧЕНИЕТО ПО ИНФОРМАТИКА

**докторант Христо Лесев**

ПУ „Паисий Хилендарски“ ФМИ  
бул. "България" 236, Пловдив, България  
hristo.lesev@gmail.com

**Резюме:** В доклада се обсъждат ползите от включването на фотореалистичната компютърна графика и визуализирането на данни в обучението по информатика. Разглежда се практическото приложение на метода за проследяване на пъчи в различни научни направления. Описаният подход се илюстрира практически от опита, добит при провеждане на факултативната дисциплина „Ray Tracing – фотореалистични изображения“ във ПУ „Паисий Хилендарски“.

**Ключови думи:** Компютърна графика, ray tracing, обучение, информатика

### 1. Въведение

Визуализирането на данни е област в която от дълги години се извършват задълбочени проучвания. Областта като цяло е комплексна и се възползва интензивно от сложен математически апарат. Независимо дали става дума за визуализиране на математически повърхности, молекули, автоматизация на проектантската дейност, развлекателен софтуер, мултимедия, анимационни филми, всичко това са дейности присъщи на областта компютърна графика. Тя е сложен и разнороден дял от информатиката, който е особено актуален за научни изследвания през последните двадесет години. Тези изследвания доведоха до създаването на множество информатични модели, бурно развитие на специализирания хардуер и обособяването на нови образователни направления. Методите за визуализация са едно от множеството направления от областта на компютърната графика [1]. Най-общо можем да я разгледаме като съвкупност от следните дялове:

- Геометрично моделиране: методи за описване и представяне на геометричната форма на сцени (двумерни и тримерни) и тяхното обработване от приложния софтуер;
- Генериране на образи и фотореалистични изображения: алгоритми и методи за изобразяване на обекти, създаване на реалистични картини с отчитане на различни оптически ефекти, осветление, оцветяване и други;
- Графично взаимодействие: методи за организиране на комуникацията между човек и компютър, с помощта на визуални средства;
- Перцептивна компютърна графика: изследват се възприятията на наблюдателя, изграждат се абстрактни модели и връзки между тях и обектите в сцената;
- Изчислителна геометрия: алгоритми за решаване на геометрични комбинаторни задачи;
- Анализ на изображения: оценка на изображения, разпознаване на образи.

### 2. Мотивация

В основния курс на обучение по информатика в ПУ "Паисий Хилендарски", в предмета Компютърна Графика, освен теоретичната подготовка, която се придобива от лекциите се наблюдава на практическото изграждане на диалогова система за геометрично моделиране [2]. Системата се изгражда чрез съвременни среди за програмиране и обектно ориентирани езици C#, C++, Java, Object Pascal. Упражняват се на практика шаблони за дизайн, като Модел-Изглед-Контролер (Model-View-Controller). За разработката се използват графични библиотеки, като тук акцента е поставен главно върху проектиране на интерфейс за комуникация с потребителя (GUI) и създаване и манипулиране на параметризирани геометрични обекти.

При разработката на визуализацията модул, студентите се научават да използват стандартни графични библиотеки, като OpenGL, това им позволява да концентрират усилията си върху работа по модела на сцената. От друга страна стандартните графични програми интерфейси (API), имат ограничени възможности за визуализация на геометрични примитиви и използват предимно локален модел на осветяване. Това пречи на студента да получи задълбочена практическа представа за процеса на генериране на изображения и симулирането на физически феномени, като отражения, прозрачност, глобално осветяване и други.

За да се запълни тази празнина, преди три години, започна да се провежда факултативен курс „Ray Tracing – фотореалистични изображения“, който допълва основното обучение по Компютърна графика. Курсът е насочен към изучаване на поведението на светлината в природата и създаването на негов математически модел. В практическата част студентите усвояват уменията нужни за софтуерното

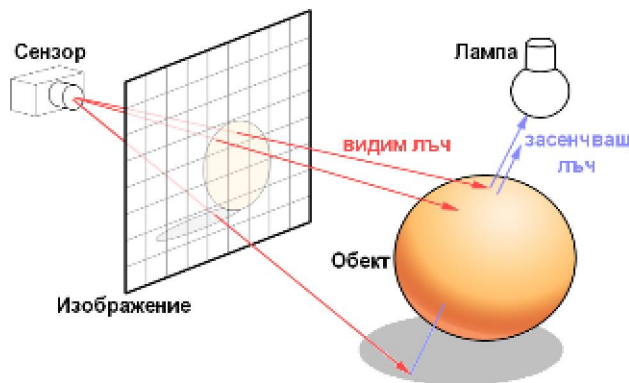
проектиране на графична библиотека рамка (framework) и реализирането на математическия модел на светлината, надграждайки рамката. Реализацията се базира на метода на проследяване на лъчите (ray tracing).

### 3. Метод на проследяване на лъчите

В огромната си част, фотореалистичните графични системи използвани във индустрията се базират на метода на проследяване на лъчи. Преди да опишем механизма на работа, ще разгледаме основните компоненти [3]:

- Сензор/Камера: модел на наблюдател на сцената;
- Сцена: съвкупност от геометрични обекти описващи реални такива;
- Светлинни източници: излъчват светлинна енергия през сцената към сензора;
- Крайно изображение: модел на това как сензора възприема светлинната енергия;
- Материали: модел на визуалните характеристики на дадена повърхност.

Изображението се разглежда като съвкупност от множество елементи (pixels). Построява се лъч с начало позицията на наблюдателя и минаващ през даден елемент, лежащ в равнината на изображението. Лъчът се проверява дали има пресечни точки с обектите от сцената. Ако пресечните точки са повече от една, като резултат от пресичането се взема най-близката точка спрямо позицията на наблюдателя. След това се установява цвета и геометричните характеристики на обекта в точката и получения цвят се записва в дадения елемент от крайното изображение. Алгоритъмът дава незабавно решение на проблема с отстраняването на невидимите повърхности в сцената и проблема с дискретизацията на геометричния обект върху равнината на изображението. Проследяването на лъчи има едно много важно предимство пред растеризиращите алгоритми използвани в библиотеки като OpenGL, той не налага ограничения на типа геометрични примитиви, които може да изобразява. Единственото условие, на което трябва да отговаря обекта е да знаем, как да го пресечем с лъч. На Фиг.1 е показан схематично процеса на проследяване на лъчи в сцена.



Фиг. 1

За да можем да симулираме различни физични феномени, като отражение, пречупване на светлината, различни видове материали (например дърво, бетон, метал и др.), всеки обект трябва да съдържа описание на съставляващия го материал. Материалът определя количеството светлинна енергия, отразено от повърхността, което ще достигне наблюдателя. Той определя и посоката в която ще се отрази лъча. Моделите на взаимодействие на светлината повърхност са добре параметризирани за да може да симулират разнообразни материали от реалния свят.

Проследяването на лъчите обединява изчисленията по пресмятане на видимите части на обектите и осветяването на сцената. Например сенките се пресмятат като част от енергията която достига (е видима) от светлинния източник до точка от повърхност, огледалното отражение съответно е енергията получена от видимите повърхности по посока на отразения лъч. Това е огромно предимство на този метод пред растеризацията. Това позволява да симулираме ефекта на глобално осветление, при който светлината се предава индиректно между обектите в сцената, без да се налага да правим каквито и да било промени в метода моделите и реализацията.

### 4. Графична рамка RayTracer

Основната цел на курса е придобиването на практически умения при разработването на инструменти за генериране на фотореалистични изображения. Това се постига, като още в самото начало на студентите се дава базова реализация на графичната рамка RayTracer, предварително подготвена специално за целите на курса. В нея е реализирана базовата инфраструктура на алгоритъма за проследяване на лъчи, отделните етапи на работа на алгоритъма са отделени смислово, като различни модули. Основните свойства, които системата притежава са:

- Отвореност: възможността за разширение на системата в едно или повече направления;
- Модулност: ясното обособяване на компонентите като независими софтуерни единици;
- Разпределеност: едновременната работа на части от приложението на различни изпълнители.

Избраната архитектура силно набляга на модулността (plug-in). Това помага още в самото начало, да се добие ясна представа за етапите на генериране на изображението. Архитектурата подпомага и поэтапното изграждане на графичното приложение по време на курса. По време на различните занятия студентите се концентрират само върху даден вид модул и го разширяват с все повече компоненти. Слабата свързаност допуска и възможност за работа на няколко разработчика върху различни модули, което поощрява екипната работа и води до постигане на по-сложни визуални резултати при студенти с изявен интерес към графиката.

## 5. Приложение

Приложението което има RayTracer могат да се обобщят в следните няколко направления: учебно, изследователско, приложно. Някой от възможните му приложения в обучението са:

- Илюстриране на учебен материал с помощта на визуализация на обемни повърхнинни модели в различни области (математика, биология, химия, физика, информатика и др.);
- Практически опит с модулна (plug-in) софтуерна архитектура;
- Разработване на приложения в областта на генеративната компютърна графика [4];
- Изследвания върху нови алгоритми за апроксимационно пресмятане на осветеност [4];
- Проектиране и практическа работа с разпределено приложение;
- Пренасяне на графичната рамка върху различни хардуерни архитектури [5].

Конкретни дисциплини в обучението по информатика също могат да извлекат голяма полза от прилагането на RayTracer в обучителния процес:

- Линейна алгебра и аналитична геометрия: визуализиране на различни повърхнини и работа с вектори и матрици;
- Диференциална геометрия: изучаване на геометричните свойства на повърхност в точката на пресичане с лъч;
- Числени методи: визуална илюстрация на методи от тип Monte Carlo за пресмятане на осветеност;
- Разпределени приложения: самата природа на алгоритъма за проследяване на лъчи дава възможност изчисленията да се извършват паралелно, различни части на изображението могат да се пресмятат на различни изпълнители.

RayTracer успешно може да се използва при разработка на дипломни работи.

## 6. Заключение

Фотореалистичната графика навлезе широко в живота ни през последните няколко години, чрез компютърно генерираните филми и реклами [6]. Темата е много актуална и водеща причина за постоянни иновации в специализирания хардуер. По тази причина смятам, че изучаваната в курса материя дава на обучаемите нови практически знания съобразени с изискванията на пазара. Освен за илюстрация и затвърждаване на знанията получени в изучаването на класически дисциплини, познанията и уменията натрупани при разработването на инструментариума ще са полезни на бъдещите работодатели. Като бъдещи насоки бих определил подобряване на информираността на студентите за ползите от изучаването на областта на фотореалистичната компютърна графика и формирането на още по-специализирани курсове, за напреднали студенти, за работа със специализиран графичен хардуер и генериране на фотореалистични изображения в реално време.

## Литература

- [1] Димов Д., „Компютърна графика“, ПУИ, 1999, Пловдив
- [2] Димов Д., Пенев А., „Ръководство за упражнения по Компютърна графика“, ПУИ, 2002, Пловдив
- [3] Pharr M., Humphreys G., “Physically Based Rendering from Theory to Implementation”, Morgan Kaufmann, Elsevier Inc. 2004.
- [4] Лесев Х., Иванов Д., „Генериране карта на осветеността независима от гледната точка“, БСУ, Студентско Научно Творчество – Годишник Том XVI: стр. 250-256, Бургас 2007.
- [5] Shirley P., Sung K., Brunvand E., Davis A., Parker S., Boulous S., "Rethinking graphics and gaming courses because of fast ray tracing", International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques archive ACM SIGGRAPH 2007, Article No. 15, 2007
- [6] Christensen P., Fong J., Laur D., Batali D., "Ray Tracing for the Movie 'Cars'", Proceedings of the IEEE Symposium on Interactive Ray Tracing 2006, pages 1-6. IEEE, September 2006.