



## Поддержка принятия решения при выборе метода глобального освещения на основе кроссплатформенного приложения

© 2022, А.В. Киселёв✉, Н.И. Юсупова

Уфимский государственный авиационный технический университет, Уфа, Россия

### Аннотация

Рассматривается технология принятия решений на примере разработки специализированной системы поддержки принятия решений для разработчиков систем визуализации информации. Актуальной задачей является поддержка выбора метода глобального освещения из более 60 существующих. Постановка этой задачи выполнена на основе анализа предметной области методов глобального освещения и принятых показателей их оценки. Приведены простейшие варианты организации рационального решения поставленной задачи. Разработанную систему поддержки принятия решений - десктопное кроссплатформенное программное приложение на базе платформы *AvaloniaUI* - можно рассматривать как пример типовых решений подобных задач.

**Ключевые слова:** поддержка принятия решений, рендеринг, глобальное освещение, матрица приоритетов, правила нечёткого вывода.

**Цитирование:** Киселёв А.В., Юсупова Н.И. Поддержка принятия решения при выборе метода глобального освещения на основе кроссплатформенного приложения // Онтология проектирования. 2022. Т. 12, №2(44). С. 263-268. DOI:10.18287/2223-9537-2022-12-1-263-268.

**Финансирование:** работа частично поддержана грантом РФФИ 22-19-00471.

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Введение

Проектирование современных систем различного назначения невозможно без онтологии предметной области (ПрО). Чтобы принять обоснованное решение, требуется учесть множество взаимодействующих факторов (иногда десятки и сотни), в то время как для человека оперирование более чем десятью сущностями может вызывать большие затруднения. Для решения подобных проблем применяют системы поддержки принятия решений (СППР), которые обычно представляют собой интерактивные информационно-аналитические системы, помогающие лицу, принимающему решение (ЛПР), использовать результаты систематизации знаний в избранной ПрО, а также в методо-ориентированных ПрО, связанных со способами принятия рациональных решений.

Например, построение оригинальной системы рендеринга<sup>1</sup> из-за сложности трёхмерной графики определяется результатом принятия решения о выборе метода глобального освещения (ГО). Поскольку трёхмерная графика активно используется во многих сферах деятельности, то поддержка проектирования элементов системы рендеринга является актуальной задачей, на примере которой можно проиллюстрировать создания простейших СППР.

В статье рассматриваются вопросы разработки СППР для выбора метода ГО, обеспечивающего фотореализм компьютерных изображений 3D-объектов.

<sup>1</sup> Рендеринг (англ. *rendering* — «визуализация») — термин в компьютерной графике, обозначающий процесс получения изображения по модели с помощью компьютерной программы. *Прим. ред.*

## 1 Постановка задачи

За несколько десятилетий развития компьютерных технологий появилось множество подходов к реализации ГО в системах рендеринга, каждый из которых выполняет определённый спектр задач и обладает своими характеристиками. В статье рассматривается задача принятия решения при выборе метода реализации ГО как системы имитации света. Разработчикам при создании подобных систем приходится проводить полноценный анализ ПРО, что занимает много времени без гарантии полноты такого анализа [1].

Существует множество методов имитации ГО в реальном времени с разной степенью гибкости. Для большинства из них требуется предварительный проход, в котором накапливается информация о геометрии сцены.

При создании СППР для выбора метода ГО их следует систематизировать, выбрать показатели их эффективности (частные критерии), построить критерий и правила рационального выбора метода, наконец, разработать приложение, реализующее СППР.

## 2 Методы глобального освещения

В последние годы произошел прорыв в методах ГО в реальном времени, которые не требуют прохода для предварительной обработки и полностью работают с вычисляемыми в реальном времени структурами данных. Эти методы обладают различной степенью фотореализма и производительностью [1].

Наиболее известными классами методов ГО являются: *Finite Elements*, *Monte Carlo*, *Photon Mapping*, *Instant Radiosity*, *Many Lights*, *Point-based*, *Discrete Ordinate Methods*, *PRT* [2]. Некоторые из этих классов дополнительно разделяются на подклассы в зависимости от способов применения. Всего можно насчитать более 60 методов ГО.

## 3 Показатели методов глобального освещения

В работе [2] выделены шесть показателей для оценки методов ГО.

- 1) *Скорость* или абсолютная производительность метода.
- 2) *Качество* – мера, делающая упор на фотореалистичность.
- 3) *Динамика* – показатель классифицирует методы в соответствии с тем, сколько аспектов или параметров можно изменить во время выполнения.
- 4) *Масштабируемость* – способность сохранять свою скорость и качество при изменении (увеличении или уменьшении) сложности сцены или разрешения изображения.
- 5) *Реализация* – показывает трудоёмкость повторной реализации метода (количество и сложность кода, использование общих структур данных и возможность повторного использования библиотек).
- 6) *Графический процессор* – отражает соответствие возможностям графических процессоров.

В [2] измерение рассмотренных показателей эффективности ГО предложено производить в номинальной шкале от 0 до 5, и выполнено для всех известных на тот момент методов ГО.

При проектировании системы рендеринга встаёт вопрос о свёртке значений подобных частных критериев для получения глобального скалярного критерия выбора эффективного алгоритма ГО.

## 4 Критерии и правила принятия решений

Согласно принятой номинальной шкале простейшим вариантом свёрки показателей эффективности ГО является среднее арифметическое. Однако такой приём предполагает равенство приоритетов показателей. Можно воспользоваться средней взвешенной оценкой. В последнем случае проблема состоит в определении весов показателей, для решения которой известен ряд подходов [3-5]. Например, при различии мнений экспертов, вовлечённых в подготовку решения, можно воспользоваться матрицей приоритетов (матрица критериев) [5].

Для сравнения различных вариантов решения можно воспользоваться правилами нечёткого вывода, разрешая проектировщику оценивать альтернативы в форме «Если  $X_1$  = низкая и  $X_2$  = хорошая, то  $S$  = высокая», где  $X_i$  – это частный критерий, а  $S$  – приемлемость данной сущности относительно поставленной задачи. Архитектура подобной системы нечёткого вывода обычно включает четыре составляющих [6]: базу правил с функциями принадлежности; фаззификатор входных данных; механизм вывода; дефаззификатор результатов нечёткого вывода.

## 5 Кроссплатформенное приложение для поддержки принятия решения

Разработанная СППР предназначена для разработчиков систем рендеринга.

В соответствии с потребностями ЛПП, которые выражаются в форме оценок значимости шести показателей (см. раздел 3) по шкале от 0 до 5, система обеспечивает ЛПП рекомендацией для выбора метода ГО.

СППР реализована в виде кроссплатформенного десктопного приложения, написанного на языке *C#* с использованием платформы *AvaloniaUI* (<https://avaloniaui.net/>), позволяющей использовать разработанную систему в операционных системах *Windows*, *Linux*, *MacOS*.

Приложение предлагает подыскать приемлемый метод ГО одним из трёх способов свёртки частных показателей эффективности (см. раздел 4).

Среднее взвешенное частных показателей позволяет выбрать один из упомянутых в разделе 1 классов методов ГО, и пользователь получает информацию о рекомендуемом алгоритме в виде ссылки на литературный источник (рисунок 1).



Рисунок 1 – Скриншот работы СППР при отыскании рекомендации на основе наибольшего среднего взвешенного значения частных показателей

Интерфейс приложения при использовании матрицы приоритетов представлен на рисунке 2. В данном случае пользователь должен задать веса параметров и заполнить матрицу приоритетов путём парного сравнением частных критериев.

На рисунке 3 отображён пример работы с приложением при использовании нечёткого вывода. От пользователя требуется задать совокупность правил вида «ЕСЛИ  $(X_1, U_1)$  И ...  $(X_n, U_n)$  ТО  $S$ ». Здесь  $X_i$  – один из шести частных критериев оценки метода,  $U_i$  – показатель удовлетворённости критерия, принимающий три значения: вполне удовлетворяющий; удовлетворяющий; не удовлетворяющий.

$S$  – это показатель удовлетворённости правила, который расширяет значения, принимаемые  $U_i$  несколькими значениями: более, чем удовлетворяющий; безупречный.

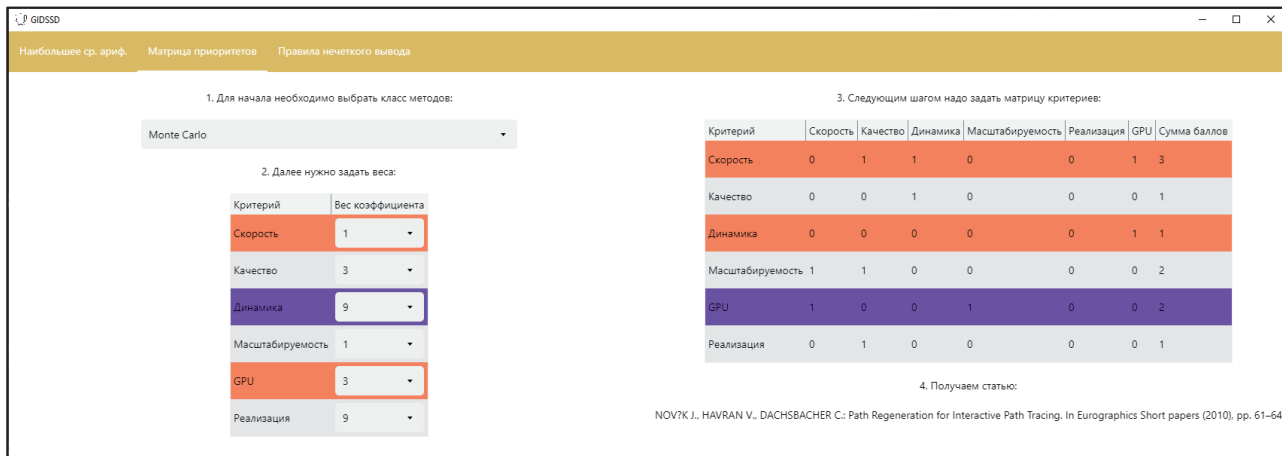


Рисунок 2 – Скриншот работы СППР при отыскании рекомендации на основе использования матрицы приоритетов

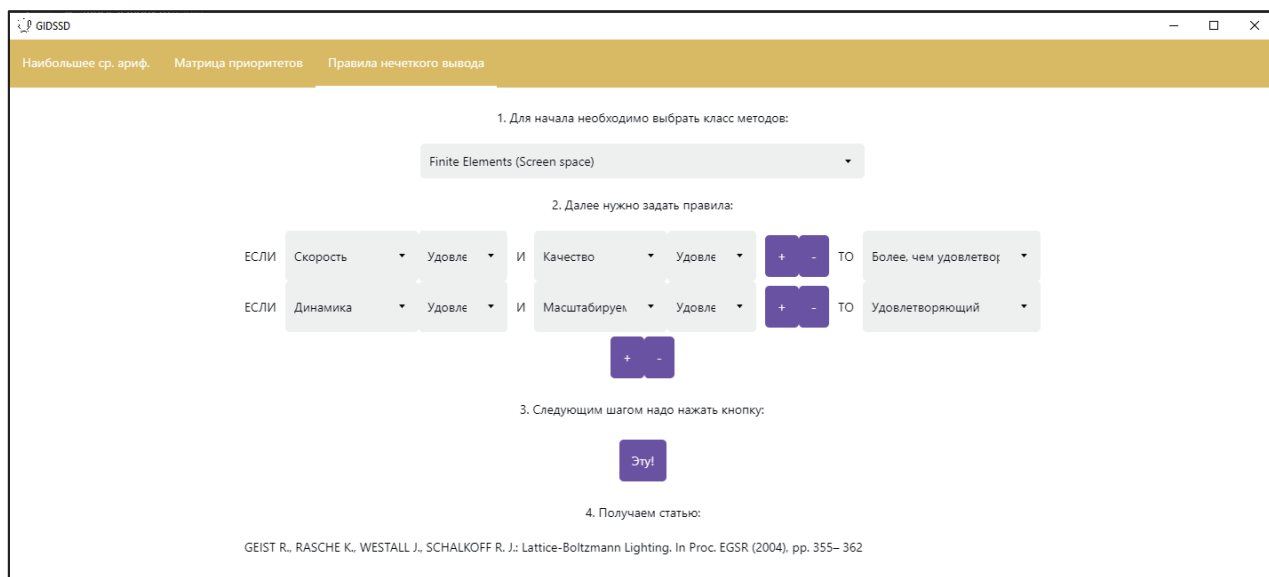


Рисунок 3 – Скриншот работы СППР при отыскании рекомендации на основе правил нечёткого вывода

## Заключение

В основу построения СППР, поддерживающей выбор метода ГО при рендеринге, положен анализ ПрО, в которой надлежит принимать решения, и ПрО, связанной с методами многокритериального выбора решений.

Опыт разработки подобных систем может быть обобщён и в части возможности оперативной смены ПрО, описание которой естественно выполнять в форме онтологии, и в части интеграции с онтологическими описаниями различных методо-ориентированных ПрО [7].

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] *Lambro C., Moldoveanu F., Morar A., Asavei V.* Comparative Analysis of Real-Time Global Illumination Techniques in Current Game Engines // *IEEE Access*. 2021. Vol. 9. P. 125158–125183. DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3109663.
- [2] *Ritschel T., Dachsbacher C., Grosch T., Kautz J.* The State of the Art in Interactive Global Illumination // *Computer Graphics Forum*. 2012. Vol. 31. P. 160–188. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8659.2012.02093.x>.
- [3] *Польнская Г.А.* Информационные системы маркетинга. М.: Издательство Юрайт, 2018. — 370 с.
- [4] *Пивский С.А.* Метод универсальных коэффициентов при принятии многокритериальных решений // *Онтология проектирования*. 2018. Т. 8, №3. С. 449–468. DOI: 10.18287/2223-9537-2018-8-3-449-468.
- [5] *Исакова А.И., Кориков А.М., Левин С.М.* Многокритериальный выбор на основе матрицы критериев при оценке эффективности программного обеспечения информационных систем // *Доклады ТУСУР*. 2020. Т. 23, № 4. С.40–44.
- [6] *Izquierdo S.S., Izquierdo L.A.* Mamdani Fuzzy Systems for Modelling and Simulation: A Critical Assessment // *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*. 2018. №21. DOI: 10.18564/jasss.3660.
- [7] *Смирнов С.В.* Онтологический подход к формированию гетерогенных сред моделирования // *Вестник Самарского государственного технического университета. Серия «Технические науки»*. 2011. №4(32). С.50–61.

## Сведения об авторах



**Киселёв Андрей Владимирович**, 1997 г. рождения. Окончил магистратуру Уфимского государственного авиационного технического университета (УГАТУ), факультет информатики и робототехники, кафедра вычислительной математики и кибернетики (2021). Ныне аспирант этой кафедры. [andrey.kise15@yandex.ru](mailto:andrey.kise15@yandex.ru) ✉.

**Юсупова Нафиса Исламовна**, 1953 г. рождения. Окончила Воронежский университет по специальности «Радиофизика и электроника» (1975), д.т.н. (1998). Профессор кафедры вычислительной математики и кибернетики УГАТУ. Заслуженный деятель науки Республики Башкортостан.



Член Российской ассоциации искусственного интеллекта. В списке научных трудов более 400 публикаций в области математического, программного и информационного обеспечения сложных систем, технологий искусственного интеллекта. Author ID (РИНЦ): 108068; Author ID (Scopus): 57195779200; Researcher ID (WOS): AАН-2713-2021. [yusupova.ni@ugatu.su](mailto:yusupova.ni@ugatu.su)

Поступила в редакцию 18.05.2022, после рецензирования 14.06.2022. Принята к публикации 20.06.2022.



Scientific article

DOI: 10.18287/2223-9537-2022-12-2-263-268

## Decision support when choosing a global illumination method based on a cross-platform application

© 2022, A.V. Kiselyov ✉, N.I. Yusupova

Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russia

### Abstract

Decision-making technology is considered on the example of developing a specialized DSS for developers of information visualization systems. An urgent task is to support the choice of a global illumination method from more than 60 existing ones. The formulation of this problem is based on the analysis of the subject area of global illumination meth-

ods and the accepted indicators for their evaluation. The simplest options for organizing a rational solution to the problem are given. The developed DSS is a desktop cross-platform software application based on the AvaloniaUI platform, which can be used as an example of typical solutions to such problems.

**Key words:** rendering, decision support, global illumination, priority matrix, fuzzy inference rules.

**For citation:** Kiselyov AV, Yusupova NI. Decision support when choosing a global illumination method based on a cross-platform application [In Russian]. *Ontology of designing*. 2022; 12(2): 263-268. DOI: 10.18287/2223-9537-2022-12-2-263-268.

**Financial Support:** The work was partially supported by a grant from the Russian Science Foundation 22-19-00471.

**Conflict of interest:** The authors declare no conflict of interest.

## List of figures

Figure 1 - The result of the application when finding the largest weighted arithmetic mean

Figure 2 - The result of the application when using the priority matrix

Figure 3 - The result of the application when using fuzzy inference rules

## References

- [1] **Lambru C, Moldoveanu F, Morar A, Asavei V.** Comparative Analysis of Real-Time Global Illumination Techniques in Current Game Engines // IEEE Access. 2021. Vol. 9. P. 125158–125183. DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3109663.
- [2] **Ritschel T, Dachsbacher C, Grosch T, Kautz J.** The State of the Art in Interactive Global Illumination // Computer Graphics Forum. 2012. Vol. 31. P. 160-188. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8659.2012.02093.x>
- [3] **Polynskaya GA.** Marketing information systems [In Russian]. Moscow Yurayt Publisher, 2018. 370 p.
- [4] **Piyavsky SA.** Method of universal coefficients for the multi-criterial decision making [In Russian]. *Ontology of designing*. 2018; 8(3): 449-468. DOI: 10.18287/2223-9537-2022-12-2-449-468.
- [5] **Isakova AI, Korikov AM, Levin SM.** Multi-criteria choice based on a matrix of criteria in evaluating the effectiveness of information systems software [In Russian]. TUSUR reports. 2020; 23(4): 40–44.
- [6] **Izquierdo SS, Izquierdo LA.** Mamdani Fuzzy Systems for Modelling and Simulation: A Critical Assessment. *J. of Artificial Societies and Social Simulation*. 2018; 21. DOI: 10.18564/jasss.3660.
- [7] **Smirnov SV.** Ontological approach to the formation of heterogeneous modeling environments [In Russian]. *Bulletin of the Samara State Technical University*. Series “Technical Sciences”. 2011; 4(32): 50-61.

---

## About the authors

**Andrey Vladimirovich Kiselyov** (b. 1997). Graduated from the Ufa State Aviation Technical University, Faculty of Informatics and Robotics, Department of Computational Mathematics and Cybernetics (2021). Currently a postgraduate student of this department. [andrey.kise15@yandex.ru](mailto:andrey.kise15@yandex.ru). ✉.

**Nafisa Islamovna Yusupova** (b. 1953). Graduated from Voronezh University with a degree in Radiophysics and Electronics (1975), Dr. of Tech. Sc. (1998). Professor of the Department of Computational Mathematics and Cybernetics, Ufa State Aviation Technical University. Honored Scientist of the Republic of Belarus. Member of the Russian Association of Artificial Intelligence. The list of scientific papers includes more than 400 publications in the field of mathematical, software and information support for complex systems, artificial intelligence technologies. Author ID (RSCI): 108068; Author ID (Scopus): 57195779200; Researcher ID (WOS): AAH-2713-2021. [yusupova.ni@ugatu.su](mailto:yusupova.ni@ugatu.su)

---

Received May 18, 2022. Revised June 14, 2022. Accepted June 20, 2022.

---