

УДК 69

DOI 10.21661/r-472891

М.Х. Аль Савафи, М.В. Перькова

RAYMAN И SKYHELIOS КАК ИНСТРУМЕНТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГОРОДСКОЙ КЛИМАТОЛОГИИ

Аннотация: для получения комплексных показателей оценки климата в городских районах большое значение имеют климатологическая информация города и данные о климате и факторах, влияющих на климат. Модели RayMan и SkyHelios – две бесплатные доступные микро-масштабные модели. Они используются для вычисления и оценки фактора обзора неба (SVF), продолжительности солнечного сияния, тени и потоков радиации. Кроме того, модель RayMan способна оценить современные тепловые показатели, используемые в биометеорологии человека. Две модели соответствуют и связывают несколько форматов данных, например ГИС-результаты и передачу информации для дальнейшей обработки в городских климатологических исследованиях и проблемах. Конечным результатом модели является расчёт средней температуры излучения, которая требуется в модели энергетического баланса человека и, таким образом, для оценки теплового биоклимата.

Ключевые слова: градостроительство, городской климат, ГИС, RayMan, SkyHelios.

М.К. Al Savafi, M.V. Perikova

RAYMAN AND SKYHELIOS AS TOOLS OF URBAN CLIMATOLOGY SIMULATION

Abstract: climatological information and data on climate and factors that influence climate are of great importance for obtaining complex indicators of climate assessment in urban areas. Models RayMan and SkyHelios are two free available micro-scale models. They are used to calculate and evaluate skyview factors (SVF), the duration of sunshine, shadows and radiation fluxes. In addition, the RayMan model is able to evaluate the modern thermal indicators used in human biometeorology. Two

models coincide and link several data formats, for example GIS results and information transfer for subsequent processing in urban climatological studies and problems. The final result of the model is the calculation of the average temperature of irradiation, which is required in the model of the human energy balance and, thus, for the assessment of the thermal bioclimate.

Keywords: *town planning, city climate, GIS, RayMan, SkyHelios.*

Введение

На многие климатические параметры и условия влияет их временное и пространственное поведение. Эти влияния обусловлены естественной и искусственной морфологией на средне- и микро масштабном уровнях. Эти эффекты значимы на разных уровнях регионального и городского планирования, т. е. разработка туристических объектов, рекреационных объектов, городских парков и других приложений. Существующие методы оценки климата в биометеорологии человека и прикладной климатологии могут быть использованы с некоторыми изменениями. Для городских климатологических или вообще для микроклиматических исследований и их биометеорологической оценки человека требуется подробная и точная информация. Важные и востребованные параметры и факторы в сложных средах трудно получить и в основном они должны быть рассчитаны или смоделированы [1]. Необходимые параметры начинаются со знания и влияния фактора обзора неба (SVF), влияния продолжительности солнечного света и модификации потоков излучения. Важное значение имеет другая информация и параметры, например, температура поверхности или различных поверхностей, которые могут влиять на энергетический обмен различных городских структур. Радиационные потоки и скорость ветра являются параметрами, которые изменяются в основном в городских структурах и имеют также самую высокую пространственную и временную изменчивость. Например, тепловые индексы, полученные на основе энергетического баланса человеческого организма, могут быть весьма полезны для туризма и регионального/городского планирования. Стандартные климатические данные, такие как температура воздуха,

влажность воздуха и скорость ветра, необходимы для расчета и количественной оценки тепловых биоклиматических условий [2]. Однако наиболее важными параметрами окружающей среды, используемыми для получения современных тепловых показателей, являются коротковолновое и длинноволновое излучение (и полученная средняя температура излучения). Они могут быть определены с помощью специальных методов, которые были реализованы в нескольких моделях.

Модель RayMan

Представленная здесь модель RayMan разработана для расчета потоков коротковолнового и длинноволнового излучения, потоков радиации, которые влияют на организм человека. RayMan оценивает потоки излучения и влияние облаков. Модель, которая учитывает сложные структуры здания, соответствует различным целям планирования на различных микро региональных уровнях. Конечным результатом модели является рассчитанная средняя температура излучения, которая требуется в модели энергетического баланса человека. И эти данные используются для оценки теплового биоклимата [1; 3]. Это также актуально для тепловых показателей, облегчающих человеко-биометеорологическую оценку тепловой составляющей климата. Можно рассчитать прогнозируемые среднюю громкость, стандартную эффективную температуру, физиологически эквивалентную температуру, универсальный индекс теплового климата и воспринимаемую температуру. Кроме того, для детальных термофизиологических исследований можно определить потоки энергетического баланса человеческого тела и параметры тела, т. е. температуру кожи. Дополнительные характеристики, которые можно использовать для оценки климата в зоне или для разнообразных других применений: вычисление продолжительности солнечности с или без фактора обзора неба, оценка ежедневного среднего, максимального показателя или суммы глобальной радиации; вычисление теней для существующей или будущей сложной окружающей среды [4; 5].

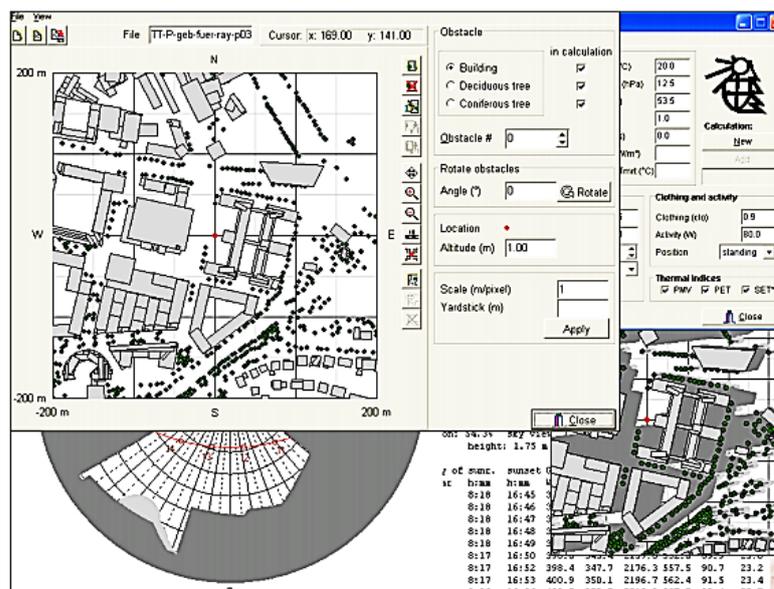


Рис. 1. Пользовательский интерфейс RayMan

При использовании компьютерной программы RayMan появляется окно ввода для городских сооружений (зданий, лиственных и хвойных деревьев). Для оценки факторов обзора неба имеется возможность свободного рисования и вывода горизонта (естественного или искусственного). Также возможна реализация фотографий «рыбий глаз» для расчета коэффициентов обзора неба. Количество облаков на небе можно включить с помощью свободного рисования, можно оценить их влияние на потоки излучения [6]. Самым важным вопросом, касающимся характеристик излучения на микроуровне в области прикладной климатологии и биоклиматологии человека является штриховка рассматриваемого объекта. Следовательно, в представленной модели присутствует затенение искусственными и естественными препятствиями. Для получения траекторий солнца требуется информация о горизонте (в частности, коэффициент обзора неба). С помощью RayMan может осуществляться расчет среднечасовых, суточных и месячных значений продолжительности солнечного сияния, коротковолновых и длинноволновых потоков излучения с рельефом и без него, а также препятствий в городских структурах. Данные могут быть введены путем ручного ввода метеорологических данных или уже существующих файлов. Вывод представлен в виде графиков и текста. Преимущество RayMan – здоровая окружающая среда и быстрое

время выполнения. Недостатком является ограничение расчета для отдельных точек.

Модель SkyHelios

Для пространственного измерения микроклимата разработана модель SkyHelios. SkyHelios использует инструменты графической обработки, которые можно интегрировать в модель имитации при вычислении, например, визуализирование фактора обзора неба или оценки радиации. Кроме того, можно даже использовать современное графическое оборудование в качестве процессоров общего назначения. Эти идеи и подходы используют выгодную технологию массового производства для решения конкретных задач. Эта технология может быть применена для моделирования климатических условий или климатических параметров на микроуровне или по отношению к городским районам. Существует два основных способа использования 3D-графического оборудования в климатических и метеорологических исследованиях, а также промежуточный подход, сочетающий их. С одной стороны, видеокарта может использоваться по назначению производителя для визуализации 3D-сред. CUNTZ и др. (2007) разработал графический процессор (GPU) для визуализации данных о климатических потоках, зависящих от времени. Используя системы частиц и теней графического оборудования, они визуализируют циклы тайфунов и океанов [7]. Типичным показателем такого использования 3D-графического оборудования является то, что данные записываются на видеокарту, но результаты не считываются с нее. С другой стороны, ученые в сфере компьютерных технологий THOMPSON и др., 2002 разработали платформу для использования графического оборудования в качестве процессора общего назначения [8]. Используя возможности и программируя видеокарты, они разрешают типичные требующие много времени вычисления, такие как умножение матрицы. THOMPSON и др. (2002) Они показывают, что во многих случаях современное графическое оборудование может превосходить процессор.

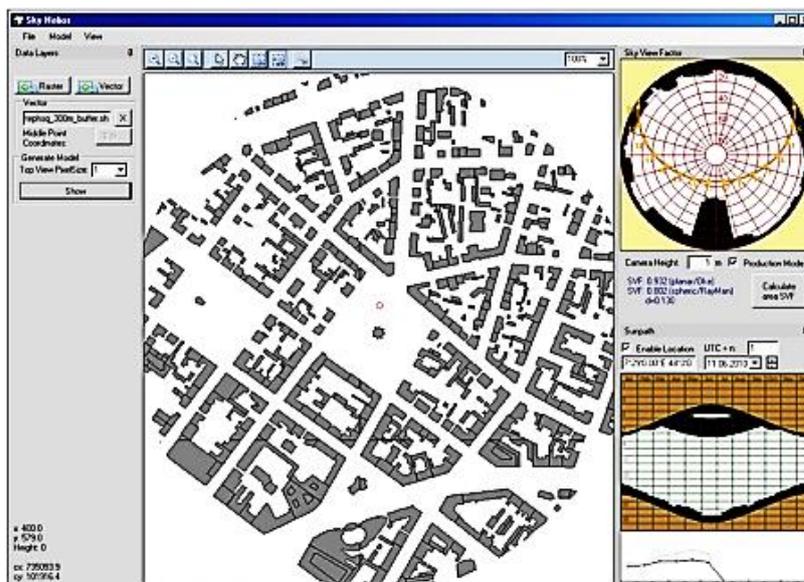


Рис. 2. Пользовательский интерфейс SkyHelios

Прежде всего, графического оборудования используется для изображения трехмерной сцены, а затем графическое оборудование реализуется для расчета обзора неба (SVF) из этих данных изображения сцены. В итоге результаты переносятся на основную память для дальнейшей обработки. Чтобы проиллюстрировать моделирование коэффициента непрерывного обзора неба, таким образом, расчет обзора неба (SVF) для каждой точки сложной области включен в SkyHelios. Цифровые модели рельефа (ЦМР), данные о городских препятствиях (ДГП) или другие цифровые файлы могут служить базой данных для количественной оценки соответствующих климатических условий в городских и сложных районах. SkyHelios предоставляет следующие преимущества: [1] быстрые вычисления [9] быструю разработку и [9] низкие затраты из-за использования программ с открытым исходным кодом. Короткое вычислительное время достигается за счет использования 3D-графического оборудования для решения сложных расчетов, необходимых для 3D-моделирования. Короткое время разработки достигается, так как не рассматриваются самые сложные 3D-алгоритмы. Основное внимание уделяется предоставлению графическому движку 3D-модели окружения, а также расчету обзора неба (SVF). Нет необходимости бороться с проблемами, видимостью, направлением грани и другими геометрическими алгоритмами, в отличие от предыдущих подходов [10]. Низкие затраты достигаются

за счет использования 3D-графических движков с открытым исходным кодом. Они были первоначально разработаны для создания компьютерных игр. Однако, как показывает работа, они могут использоваться и в научных целях. Применение разработанной модели поможет оценить потоки излучения и среднюю температуру излучения в городских районах. Сочетание результатов с другими моделями городского микроклимата, такими как RayMan, улучшит конечные результаты.

Примеры и результаты

Увязка форматов и моделей

С помощью SkyHelios можно показать, как использование компьютерной графики улучшает 3D-моделирование в прикладной климатологии, особенно в сложных условиях. SkyHelios рассматривает и реализует различные варианты, не только с помощью графического движка компьютера, но и работает в среде MS Windows и обеспечивает несколько методов визуализации. Импортированные данные можно напрямую экспортировать и просматривать в инструментах картографирования климата [11]. Поддерживаются часто используемые форматы данных (например, лазер, спутниковые данные или DTM). Прямая реализация файлов RayMan MATZARAKIS et al., 2007 является еще одним преимуществом и позволяет сочетание двух моделей [6]. В целом моделирование не может воспроизвести полную реальность. Использование фотографий верхнего полушария может воспроизвести более подробную информацию о ситуации, но занимает больше времени. Тест совместимости SkyHelios обеспечивает корректную работу модели на конкретной видеокarte. Визуализация морфологических факторов (особенно в городах) помогает понять микрометеорологические процессы. Вот несколько вариантов импорта и обработки данных. Данные, полученные в SkyHelios, например, изображение «рыбий глаз» одиночных точек можно сохранить и импортировать непосредственно в Rayman для того, чтобы сохранить продолжительность солнечного сияния, излучения и при метеорологических данных для расчета тепловых индексов, для выполнения расчета. Кроме того, недавно разработанные годовые диаграммы продолжительности солнечного сияния

позволяют сначала оценить влияние топографии и зданий на продолжительность солнечного сияния как в годовом, так и в суточном масштабе в пространственном контексте [12]. Фактор обзора неба выражает морфологические факторы для конкретного участка в одном значении и, следовательно, позволяет оценить соответствующую климатологическую информацию. Для оценки потоков излучения, помимо коэффициента обзора неба, других дополнительных характеристик (таких как генерация теней и продолжительность солнечного света), а также других морфологических свойств, таких как цвет или отражение, теплоемкость и т. д. требуемое, 3D-оборудование выгодно не только для визуализации, но и может быть использовано для микромасштабного моделирования (т. е. для оценки максимального глобального излучения для устройств солнечной энергии и другой справочной информации в микроклиматологии). Все полученные графики и расчетные данные могут быть сохранены и использованы для других возможностей (например, в RayMan или других ГИС-приложениях).

Обсуждение и выводы

Представленные модели (RayMan и SkyHelios) предоставляют разнообразные возможности в прикладной климатологии для исследований и образования. С помощью легкодоступных климатических или метеорологических данных, таких как температура воздуха, влажность воздуха и скорость ветра, можно оценить тепловые показатели простых и сложных сред. Дополнительная информация об облаках и глобальном излучении, импортируемая в модель, может быть основой для более адекватной оценки потоков излучения. Более подробная полезная информация может быть получена для того, чтобы создать климатически ориентированные жилища и объекты городского планирования [13]. Модель также может быть использована для расчета тени, должны быть обеспечены специальные устройства для отдыха в городских местностях и курортах в целях создания более комфортных температурных условий, защиты от прямых солнечных лучей с биометеорологической точки зрения, представленные тепловые индексы могут описать и количественно оценить не только условия, но и крайности, как жара и другие климатические показатели, в том числе и популярных

мест в городах. Для количественной оценки условий биоклимата для будущих сценариев модель может производить информацию с использованием результатов глобальной и региональной климатической модели [13]. Благодаря использованию геостатистических методов и инструментов данные могут быть регионализированы и предоставлять более подробную информацию о пространственных условиях нынешних и будущих климатических условий [14]. Благодаря реализации различных видов землепользования и их поверхностных свойств может быть создана более адекватная и реалистичная картина. При использовании в образовательных целях, модель может быть применена в упражнениях, направленных на управление этими моделями и изучение влияния земельной и городской морфологии на коротковолновые и длинноволновые потоки излучения в простых и сложных средах. В итоге, обе модели могут связывать с различными вариантами, общими данными и графическими форматами. Модели могут быть использованы для различных подходов в вопросах микро-масштаба и городской климатологии.

References

1. Hwang, R.-L., T.-P. Lin, and A. Matzarakis, Seasonal effects of urban street shading on long-term outdoor thermal comfort. *Building and Environment*, 2011. 46(4): p. 863–870.
2. Kántor, N. and J. Unger, The most problematic variable in the course of human-biometeorological comfort assessment-the mean radiant temperature. *Open Geosciences*, 2011. 3(1): p. 90–100.
3. Mahmoud, A.H.A., Analysis of the microclimatic and human comfort conditions in an urban park in hot and arid regions. *Building and environment*, 2011. 46(12): p. 2641–2656.
4. Holst, J. and H. Mayer, Impacts of street design parameters on human-biometeorological variables. *Meteorologische Zeitschrift*, 2011. 20(5): p. 541–552.
5. Oliveira, S., H. Andrade, and T. Vaz, The cooling effect of green spaces as a contribution to the mitigation of urban heat: A case study in Lisbon. *Building and Environment*, 2011. 46(11): p. 2186–2194.

6. Matzarakis, A., F. Rutz, and H. Mayer, Modelling radiation fluxes in simple and complex environments-application of the RayMan model. *International journal of biometeorology*, 2007. 51(4): p. 323–334.

7. Cuntz, N., et al. GPU-based dynamic flow visualization for climate research applications. in *SimVis*. 2007.

8. Thompson, C.J., S. Hahn, and M. Oskin. Using modern graphics architectures for general-purpose computing: a framework and analysis. in *Proceedings of the 35th annual ACM/IEEE international symposium on Microarchitecture*. 2002. IEEE Computer Society Press.

9. Matzarakis, A., S. Muthers, and E. Koch, Human biometeorological evaluation of heat-related mortality in Vienna. *Theoretical and applied climatology*, 2011. 105(1–2): p. 1–10.

10. Teller, J. and S. Azar, Townscope II-a computer system to support solar access decision-making. *Solar energy*, 2001. 70(3): p. 187–200.

11. Matuschek, O. and A. Matzarakis, A mapping tool for climatological applications. *Meteorological Applications*, 2011. 18(2): p. 230–237.

12. Matzarakis, A., F. Rutz, and H. Mayer, Modelling radiation fluxes in simple and complex environments: basics of the RayMan model. *International journal of biometeorology*, 2010. 54(2): p. 131–139.

13. Matzarakis, A. and C. Endler, Climate change and thermal bioclimate in cities: impacts and options for adaptation in Freiburg, Germany. *International journal of biometeorology*, 2010. 54(4): p. 479–483.

14. Matuschek, O. and A. Matzarakis, Estimation of sky view factor in complex environment as a tool for applied climatological studies. *Berichte des Meteorologischen Instituts der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg*, 2010. 20: p. 534–539.

Аль Савафи Мохаммед Хасан – аспирант ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова», Россия, Белгород.

Al Savafi Mokhammed Khasan – postgraduate at the Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Russia, Belgorod.

Перькова Маргарита Викторовна – канд. арх. наук, доцент ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова», Россия, Белгород.

Perikova Margarita Viktorovna – candidate of architecture, associate professor at the Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Russia, Belgorod.
