

УДК 004.023

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИДИМОСТІ ПОЛІГОНАЛЬНИХ МОДЕЛЕЙ НА ОСНОВІ ТОЧКОВИХ ГЕОМЕТРИЧНИХ МОДЕЛЕЙ МНОЖИНИ ПОЛОЖЕНЬ КАМЕРИ

Дашкевич А.О., к.т.н.,

dashkewich.a@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9963-0998

Охотська О.В.

lenaohotskaya@gmail.com, ORCID: 0000-0002-4810-2810

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Проблема видимості об'єктів часто виникає в таких задачах, як моніторинг будівель із використанням безпілотних літальних апаратів, розташування камер відеоспостереження та джерел освітлення у приміщеннях та на відкритих просторах, аналіз місцевості в геоінформаційних системах, нанесення фарби на поверхню. Таку проблему можна розглядати із точки зору знаходження множини положень сенсору, що забезпечує максимальний захват точок поверхні місцевості або об'єктів даним сенсором. Зазвичай, задача розташування об'єктів не має точного розв'язку, тому на практиці для неї використовують методи оптимізації, які найчастіше знаходять субоптимальні рішення. Це викликає необхідність досліджень видимості геометричних моделей з урахуванням положення камери для визначення множини точок із максимальною оглядовою здатністю. В роботі досліджено підхід до визначення множини точок, які забезпечують максимальний огляд об'єкту, який задається в вигляді полігональної моделі на основі розбиття множини оглядових точок-кандидатів на регулярну сітку і розв'язання задачі покриття такої множини. В роботі вивчається вплив основних параметрів методу, а саме, кількість ітерацій алгоритму для досягнення заданого коефіцієнту оглядової здатності, необхідний ступінь дискретизації простору (просторова роздільна здатність сітки) та мінімальну кількість точок-положень камери, які забезпечують максимальний огляд поверхні об'єкту. Представлений підхід складається з наступних кроків: випускання променів по одиничній напівсфері із кожного полігону полігональної моделі об'єкту; дискретизація отриманої множини оглядових точок; ітеративний алгоритм визначення множини точок, що забезпечують огляд поверхні об'єкту із заданим коефіцієнтом оглядової здатності моделі.

Ключові слова: розташування, відеоспостереження, аналіз місцевості, видимість геометричних моделей, задача покриття множини, множина точок, регулярна сітка, коефіцієнт оглядової здатності моделі.

Постановка проблеми. Проблема видимості об'єктів [1] часто виникає в таких задачах, як моніторинг будівель із використанням безпілотних літальних апаратів [2], розташування камер відеоспостереження [3] та джерел освітлення у приміщеннях та на відкритих просторах, аналіз місцевості в геоінформаційних системах [4], нанесення фарби на поверхню [5]. Таку проблему можна розглядати з точки зору знаходження множини положень сенсору, що забезпечує максимальний захват точок місцевості або об'єктів даним сенсором [6-9]. Зазвичай, задача розташування об'єктів не має точного розв'язку, тому на практиці для неї використовують методи оптимізації [10-11], які найчастіше знаходять субоптимальні рішення. Тому, виникає необхідність в розвитку та вдосконалення методів точного розв'язання такого класу задач, що призведе до зниження обчислювальних витрат на роботу алгоритмів оптимізації розташування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема видимості розглядається в багатьох сучасних дослідженнях, наприклад, при плануванні шляху [2, 5, 8-13], в тому числі із використанням методів оптимізації [4, 10-12].

В роботі [13] було представлено метод визначення видимості точок полігональної моделі місцевості на основі розв'язання задачі максимального покриття множини: для полігональної моделі місцевості $M=\{V, N, F\}$, яка задана множинами вершин V , нормалей N та багатокутників F , знайти таку мінімальну множину точок огляду $P=\{p_1, \dots, p_{N_P}\}$, при розташуванні камери дрону в яких кожен полігон f_j , що належить F , буде видимий хоча б з однієї точки p_i , де $i=1..N_P$ – загальна кількість точок-кандидатів, $j=1..|F|$, де $|F|$ – загальна кількість полігонів. Вказаний метод показав придатність до розв'язання задачі попереднього визначення оглядових точок дрону для інспектування місцевості, але вимагає додаткових досліджень з точки зору визначення впливу його параметрів на ефективність знайдених розв'язків та автоматизації підбору параметрів.

Формулювання цілей статті. Дослідження методу визначення множини точок із максимальною оглядовою здатністю моделі місцевості, заданої в вигляді набору полігонів (трикутників) для визначення впливу параметрів методу на ефективність його роботи.

Основна частина. В представленій роботі вдосконалено підхід, запропонований в [13] шляхом введення коефіцієнту оглядової здатності поверхні, який може бути сформульовано як:

$$V_r = n_V / N_P,$$

де n_V – кількість видимих полігонів поверхні, яка забезпечена множиною заданих оглядових точок P , N_P – загальна кількість полігонів моделі місцевості.

Для дослідження впливу параметрів методу на результати роботи методу було проведено ряд експериментів, в яких вивчались такі параметри методу:

- вплив роздільної здатності просторової сітки t на кількість ітерацій для досягнення заданої оглядової здатності поверхні, значення t обирались ітеративно із ряду:

$$t = \{4, 5, 8, 10, 16, 25, 32, 50, 64, 100\};$$

- динаміка зміни коефіцієнту оглядової здатності в залежності від кількості ітерацій.

В якості тестової моделі місцевості було використано полігональну модель, яку було змодельовано в пакеті тривимірного моделювання Blender (рис. 1). На рис. 2 наведено залежність коефіцієнту оглядової здатності від кількості ітерацій алгоритму, а на рис. 3 представлено залежність роздільної здатності сітки від кількості ітерації алгоритму.

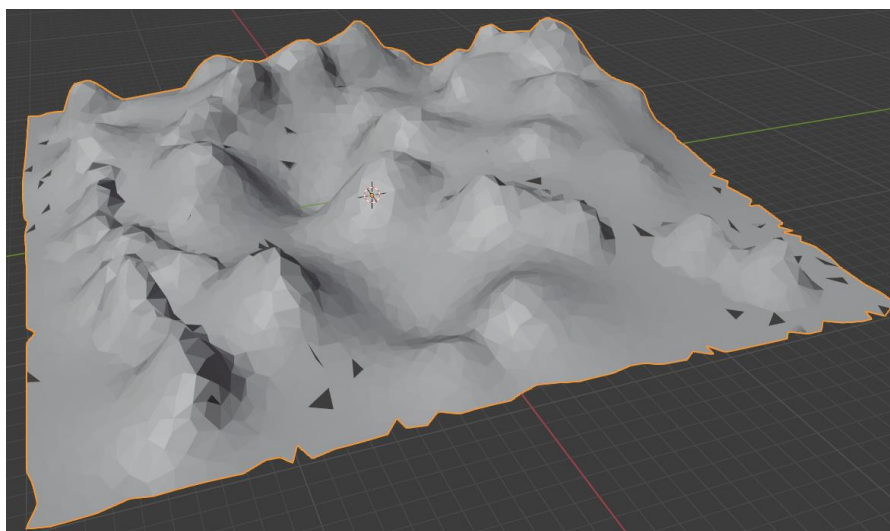


Рис. 1. Полігональна модель місцевості

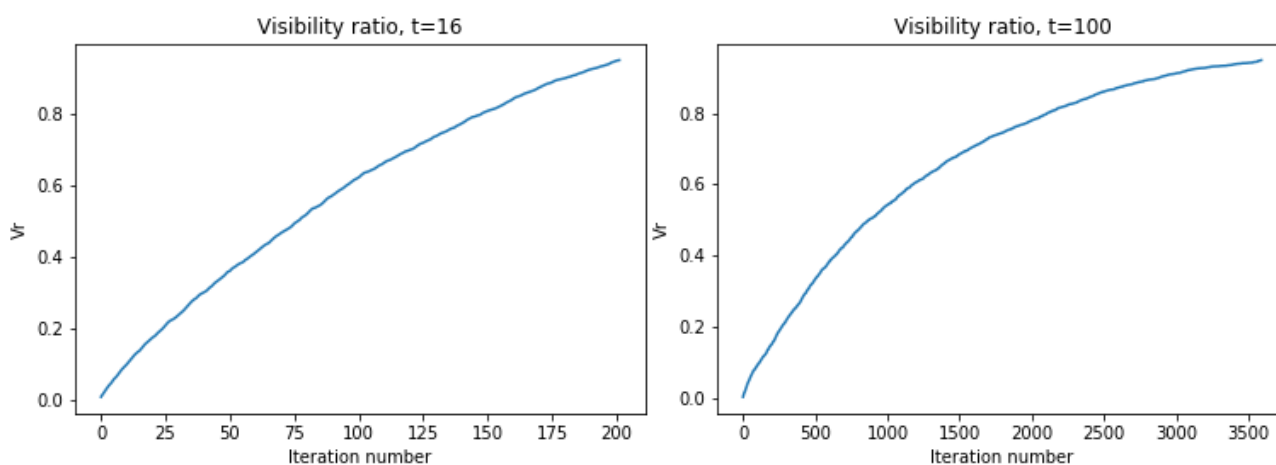


Рис. 2. Приклади залежності коефіцієнту оглядової здатності від кількості ітерацій алгоритму

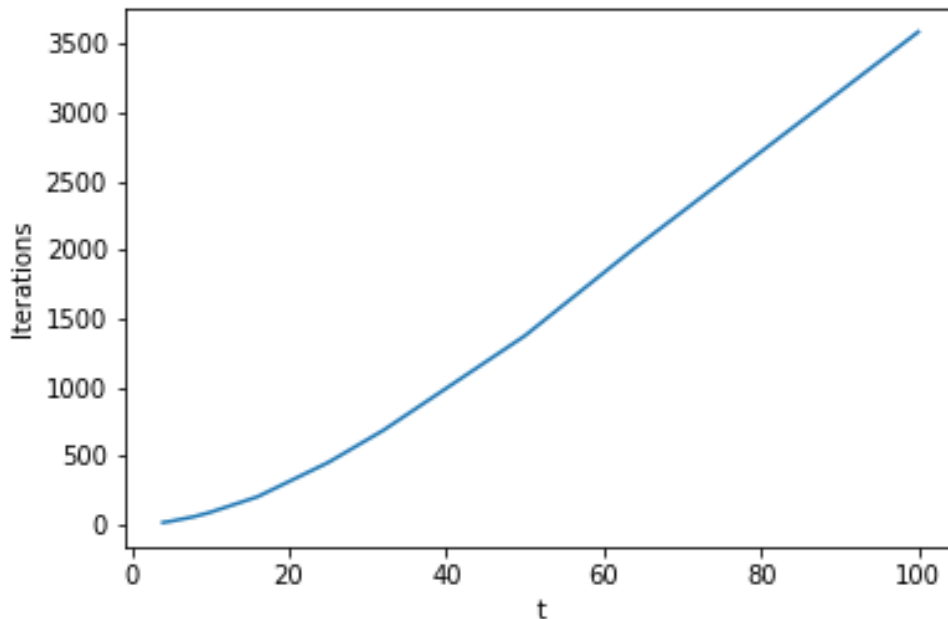


Рис. 3. Вплив роздільної здатності просторової сітки на кількість ітерацій алгоритму для досягнення $V_r = 0.95$

Висновки. В ході проведення експериментів було визначено, що запропонований метод дозволяє знаходити множину точок, що забезпечує заданий коефіцієнт оглядової здатності, вже при малих значеннях роздільної здатності сітки, що дозволяє вже на ранніх стадіях роботи визначити попередні точки розташування камери, для, наприклад подальшої оптимізації траєкторії її руху. Подальші дослідження будуть націлені на вплив відстані об'єкту від точки огляду на ефективність запропонованого методу.

Література

1. Wang W., Tang B., Fan X. Efficient visibility analysis for massive observers. *Procedia Computer Science*. 2017. Vol. 111. P. 120–128.
2. Jing W., Shimada K. Model-based view planning for building inspection and surveillance using voxel dilation, medial objects, and random-key genetic algorithm. *Journal of Computational Design and Engineering*, 2018. Vol. 5, No. 3. P. 337–347.
3. Nilsson U., Ogren P., Thunberg J. Optimal positioning of surveillance uavs. *2008 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, 2008. 2539–2544 p.
4. Kim Y.-H., Rana S., Wise S. Exploring multiple viewshed analysis using terrain features and optimization techniques. *Computers & Geosciences*. 2004. Vol. 30. P. 1019–1032.
5. Peng Z., Huifeng N., Jun G., Lina W. The trajectory optimization of spray gun for spraying painting robot based on surface curvature properties. *Cham : Springer International Publishing*, 2017. 331–339 p. ISBN 978-3-319-38789-5.

6. Короліук Н.А., Еременко С.Н. Интеллектуальная система поддержки принятия решений при управлении беспилотными летательными аппаратами на наземном пункте управления. *Системи обробки інформації*, 2015. № 8(133). С. 31-36.
7. Бережний А.О., Калачова В.В., Рожков М.І. Моделювання руху динамічних об'єктів в системі підтримки прийняття рішень планування маршрутів беспілотних літальних апаратів. *Системи обробки інформації*, 2019. No. 4(159). С. 44–49.
8. Vorotnikov V., Gumenyuk I., Pozdniakov P. Planning the flight routes of the unmanned aerial vehicle by solving the travelling salesman problem. *Technology audit and production reserves*, 2017. Vol. 4, No. 2(36). P. 44–49.
9. Geng L., Zhang Y.F., Wang J.J. Mission planning of autonomous uavs for urban surveillance with evolutionary algorithms. *10th IEEE International Conference on Control and Automation (ICCA)*, 2013. – 828–833 p.
10. Ozalp N., Sahingoz O.K. Optimal uav path planning in a 3d threat environment by using parallel evolutionary algorithms. Atlanta, GA: IEEE, 2013. 308–317 p. ISBN 978-1-4799-0815-8.
11. Lv P., Zhang J., Lu M.. An optimal method for multiple observers sitting on terrain based on improved simulated annealing techniques. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2006. 373–382 p. ISBN 978-3-540-35454-3.
12. Elshamli A., Abdullah H.A., Areibi S. Genetic algorithm for dynamic path planning. Niagara Falls, Ont., Canada: IEEE, 2004. 677–680 p. ISBN 978-0-7803-8253-4.
13. Дашкевич А.О., Шоман О.В. Метод визначення множини розташуноків дрону для забезпечення максимальної видимості місцевості. *Сучасні проблеми моделювання. Технічні науки*, 2020. Вип. 18. С. 99–105.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВИДИМОСТИ ПОЛИГОНАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ТОЧЕЧНЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ МНОЖЕСТВА ПОЛОЖЕНИЙ КАМЕРЫ

Дашкевич А.О., Охотська О.В.

Проблема видимости объектов часто возникает в таких задачах, как мониторинг зданий с использованием беспилотных летательных аппаратов, размещение камер видеонаблюдения и источников освещения в помещениях и на открытых пространствах, анализ местности в геоинформационных системах, нанесение краски на поверхность. Такую проблему можно рассмотреть с точки зрения нахождения множества положений сенсора, которое обеспечивает максимальный захват точек поверхности местности или объектов данным сенсором. Как правило,

задача размещения объектов не имеет точного решения, поэтому на практике для нее используют методы оптимизации, которые чаще всего находят субоптимальные решения. Это приводит к необходимости проведения исследований видимости геометрических моделей с учетом положения камеры для определения множества точек с максимальной обзорной способностью. В работе исследован подход к определению множества точек, которые обеспечивают максимальный обзор объекта, который задан в виде полигональной модели, на основе разбиения множества обзорных точек-кандидатов на регулярную сетку и решения задачи покрытия такого множества. В работе изучается влияние основных параметров метода, а именно, количества итераций алгоритма для достижения заданного коэффициента обзорной способности, необходимую степень дискретизации пространства (пространственная разрешающая способность сетки) и минимальное количество точек-положений камеры, которые обеспечивают максимальный обзор поверхности объекта. Представленный подход состоит из следующих этапов: испускания лучей по единичной полусфере из каждого полигона модели объекта; дискретизация полученного множества обзорных точек; итеративный алгоритм определения множества точек, которые обеспечивают обзор поверхности объекта с заданным коэффициентом обзорной способности модели.

Ключевые слова: размещение, видеонаблюдение, анализ местности, видимость геометрических моделей, задача покрытия множества, множество точек, регулярная сетка, коэффициент обзорной способности модели.

RESEARCH OF THE VISIBILITY OF POLYGONAL MODELS BASED ON POINT GEOMETRIC MODELS OF A SET OF CAMERA POSITIONS

Andriy Dashkevych, Olena Okhotska

The problem of visibility of objects often arises in such tasks as monitoring of buildings using unmanned aerial vehicles, placement of video surveillance cameras and light sources indoors and outdoors, analysis of terrain in geographic information systems, application of paint to the surface. This problem can be considered in terms of finding a plurality of sensor positions that provide maximum capture of terrain points or objects by this sensor. As a rule, the problem of object placement does not have an exact solution, so in practice it uses optimization methods, which most often find suboptimal solutions. This leads to the need to conduct studies of the visibility of geometric models taking into account the position of the camera to determine the set of

points with the maximum overview ability. The paper investigates an approach to determining the set of points that provide the maximum view of an object, which is given in the form of a polygonal model, based on dividing the set of candidate survey points into a regular grid and solving the problem of covering such a set. The paper studies the influence of the main parameters of the method, namely, the number of iterations of the algorithm to achieve a given visibility coefficient, the required degree of space discretization (spatial resolution of the grid) and the minimum number of camera positions that provide the maximum view of the object surface. The presented approach consists of the following stages: emission of rays along a single hemisphere from each polygon of the object model; discretization of the obtained set of survey points; an iterative algorithm for determining a set of points that provide an overview of the object surface with a given coefficient of the model's visibility.

Keywords: placement, video surveillance, analysis of terrain, visibility of geometric models, set coverage problem, point set, regular grid, model visibility ratio.

References

1. Wang, W., Tang, B., Fan, X. (2017) Efficient visibility analysis for massive observers. *Procedia Computer Science*, 111, 120–128 [in English]
2. Jing, W., Shimada, K. (2018) Model-based view planning for building inspection and surveillance using voxel dilation, medial objects, and random-key genetic algorithm. *Journal of Computational Design and Engineering*, 5, 3, 337–347 [in English]
3. Nilsson, U., Ogren, P., Thunberg, J. (2008) Optimal positioning of surveillance UGVs. 2008 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 2539–2544 [in English]
4. Kim, Y.-H., Rana, S., Wise, S. (2004) Exploring multiple viewshed analysis using terrain features and optimisation techniques. *Computers & Geosciences*, 30, 1019–1032 [in English]
5. Peng, Z., Huifeng, N., Jun, G., Lina, W. (2017) The trajectory optimization of spray gun for spraying painting robot based on surface curvature properties. Cham: Springer International Publishing, 331–339 [in English]
6. Korolyuk, N., Eremenko, S. (2015) Intelligent decision support in the management of drone ground control station. *Information Processing Systems*, 8(133), 31-36 [in Russian]
7. Berezhnyi, A., Kalachova, V., Rozchkov, M. (2019) Dynamic objects movement simulation in the system of supporting decision of unmanned aerial vehicles routes planning. *Information Processing Systems*, 4(159), 44–49 [in Ukrainian]

8. Vorotnikov, V., Gumenyuk, I., Pozdniakov, P. (2017) Planning the flight routes of the unmanned aerial vehicle by solving the travelling salesman problem. *Technology audit and production reserves*, 4, 2(36), 44–49 [in Ukrainian]
9. Geng, L., Zhang, Y. F., Wang, J. J. (2013) Mission planning of autonomous uavs for urban surveillance with evolutionary algorithms. *10th IEEE International Conference on Control and Automation (ICCA)*, 828–833 [in English]
10. Ozalp, N., Sahingoz, O.K. (2013) Optimal UAV path planning in a 3d threat environment by using parallel evolutionary algorithms. Atlanta, GA: IEEE, 308–317 [in English]
11. Lv, P., Zhang, J., Lu, M. (2006) An optimal method for multiple observers sitting on terrain based on improved simulated annealing techniques. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 373–382 [in English]
12. Elshamli, A., Abdullah, H.A., Areibi, S. (2004) Genetic algorithm for dynamic path planning. Niagara Falls, Ont., Canada : IEEE, 677–680 [in English]
13. Dashkevich, A., Shoman, O. (2020) Method of determining the set of drone positions to cover maximum visibility of the location. *Modern problems of modeling*. Melitopol, 18, 99–105 [in Ukrainian]