

УДК: 514.182.7

DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-3-657-669

Алгоритмы построения перспективной сетки для анализа ДТП

¹Наджаджра М.Х., ²Черных В.С., ²Жукова Н.А.,
³Жихарев А.Г., ³Лазарев Д.А., ²Мартон Н.А.

¹ Университет Аль-Истикляль, Палестина, г. Иерихон, ул. Хишам Палас, д. 10

² Белгородский государственный национальный исследовательский университет
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, д. 85

³ Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова д. 46

E-mail: mnajajra@pass.ps

Аннотация. Следователи отдела по расследованию дорожно-транспортных происшествий сталкиваются с значительными затруднениями в своей работе. В настоящее время они вынуждены использовать несколько различных программ для анализа ДТП, что существенно усложняет процесс и снижает его эффективность. Более того, многие программы, которые ранее предоставляли все необходимые функции в едином решении, больше не доступны на рынке из-за санкций. Это создает значительный пробел в инструментах, доступных следователям, и усложняет выполнение их задач по расследованию и анализу дорожных происшествий. В данной статье описывается метод построения перспективной сетки с использованием одной или двух точек схода на мерном объекте. Этот подход является эффективным решением для следователей отдела по расследованию дорожно-транспортных происшествий, так как позволяет точно измерять расстояния и пропорции объектов на фотографии. Разработанный метод представляет собой первый шаг в решении указанной проблемы, интегрируя ключевые функции анализа в одном программном решении и улучшая тем самым эффективность и точность работы следователей.

Ключевые слова: перспективная сетка, мерный объект, вычисление расстояний, точки схода, одноточечная перспектива, двухточечная перспектива

Для цитирования: Наджаджра М. Х., Черных В.С., Жукова Н.А., Жихарев А.Г., Лазарев Д.А., Мартон Н.А. 2024. Алгоритмы построения перспективной сетки для анализа ДТП. Экономика. Информатика, 51(3): 657–669. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-3-657-669

Methods of Constructing a Perspective Grid for Accident Analysis

¹Mohammed H. Najajra, ²Vladimir S. Chernykh, ²Natalya A. Zhukova,
³Alexander G. Zhikharev, ³Dmitry A. Lazarev, ²Nikita A. Marton

¹ Al-Istiqlal University, 10 Hisham Palace St., Jericho, Palestine

² Belgorod State National Research University, 85 Pobedy St., Belgorod 308015, Russia

³ Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov

46 Kostyukova St., Belgorod 308012, Russia

E-mail: mnajajra@pass.ps

Abstract. The investigators of the Traffic Accident Investigation Department face significant difficulties in their work. Currently, they are forced to use several different programs to analyze accidents, which significantly complicates the process and reduces its effectiveness. Moreover, many programs that previously provided all the necessary functions in a single solution are no longer available on the market due to sanctions. This creates a significant gap in the tools available to investigators and complicates their tasks of investigating and analyzing traffic accidents. This article describes a method for constructing a perspective grid using one or two vanishing points on a dimensional object. This approach is an effective solution for the investigators of the Traffic Accident Investigation Department, as it allows an accurate measurement of the distances and proportions of objects in a photo. The developed method represents the first step in solving this problem by integrating key analysis functions into a single software solution and thereby improving the efficiency and accuracy of the investigators' work.

Keywords: perspective grid, dimensional object, distance calculation, vanishing points, single-point perspective, two-point perspective

For citation: Najajra M.H., Chernykh V.S., Zhukova N.A., Zhikharev A.G., Lazarev D.A., Marton N.A. 2024. Methods of Constructing a Perspective Grid for Accident Analysis. Economics. Information technologies, 51(3): 657–669. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-3-657-669

Введение

В современном мире технологий расследование дорожно-транспортных происшествий (ДТП) стало сложной и многосторонней задачей, требующей точных данных и профессиональных инструментов для анализа [Новиков и др., 2024; Зинин и др., 2022]. Одним из ключевых аспектов этого процесса является использование перспективных сеток для точного измерения расстояний и анализа объектов на фотографиях с мест происшествия [Никонов, 2016]. Особенно важно разработать методику, которая была бы эффективной и удобной для следователей, работающих в этой области.

Следователи отдела по расследованию ДТП часто сталкиваются с трудностями из-за необходимости использовать несколько различных программных решений для выполнения своих задач, что замедляет процесс и снижает его эффективность. Особенно остро стоит проблема доступа к программам, предоставляющим необходимые функции, так как некоторые из них стали недоступны на рынке из-за санкций.

Цель работы состоит в разработке метода и алгоритмов построения перспективной сетки с использованием одной или двух точек схода на мерном объекте для анализа ДТП. Этот метод направлен на упрощение и улучшение точности работы следователей, предоставляя инструмент, который позволяет точно измерять расстояния и пропорции объектов на фотографиях, сделанных на месте происшествия.

Статья описывает процесс построения перспективной сетки для обоих вариантов – с одной и двумя точками схода. Включены шаги определения углов объекта, нахождения точек схода, построения и расширения сетки, а также преобразования в 2D проекцию для более удобных вычислений расстояний. Каждый шаг сопровождается пояснениями и иллюстрациями, что делает метод доступным для практического применения и обучения.

Разработанный метод представляет собой значимый шаг в направлении решения актуальных проблем, с которыми сталкиваются следователи ДТП. Интеграция ключевых функций анализа в единое программное решение упрощает и ускоряет процесс работы, способствуя более точным результатам в расследованиях дорожных происшествий.

Построение перспективной сетки при 2 точках схода на мерном объекте

Перспективная сетка – это метод рисования, используемый для создания иллюзии глубины и трёхмерного пространства на плоской поверхности [Ратничин, 1982]. Перспективная сетка из квадратов дает точное представление о глубине пространства изображения [Барышников, 1955]. В данном случае рассматривается построение перспективной сетки с двумя точками схода, применяя её к мерному объекту – пластмассовой плитке размером 30x30 см, разукрашенной в шахматный узор (рис. 1).

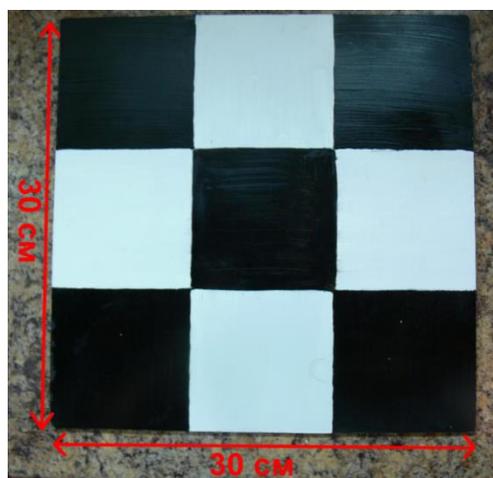


Рис. 1. Мерный объект (пластмассовая плитка с шахматным узором)

Fig. 1. Dimensional object (plastic tile with a checkerboard pattern)

Рассмотрим подробнее алгоритм построения перспективной сетки на примере при двух точках схода на мерном объекте.

Шаг 1: Определение углов объекта на фотографии

Для начала необходимо отметить четыре угла объекта на фотографии, чтобы иметь точные границы для дальнейших построений (рис. 2).



Рис. 2. Тестовое фото с расставленными точками углов объекта
Fig. 2. Test photo with the points of the corners of the object

Предполагается, что данный шаг будет осуществляться конечным пользователем программного обеспечения.

Шаг 2: Нахождение точек схода

Следующим шагом является нахождение точек схода. Для этого нужно найти пересечения прямых, проходящих через противоположные стороны отмеченного объекта. Эти пересечения и будут нашими точками схода (рис. 3) [Шешко, 1981]. Точки схода используются для создания реалистичной перспективы и помогают точно передать глубину пространства на плоской поверхности [Саунина, Саунина. 2021].

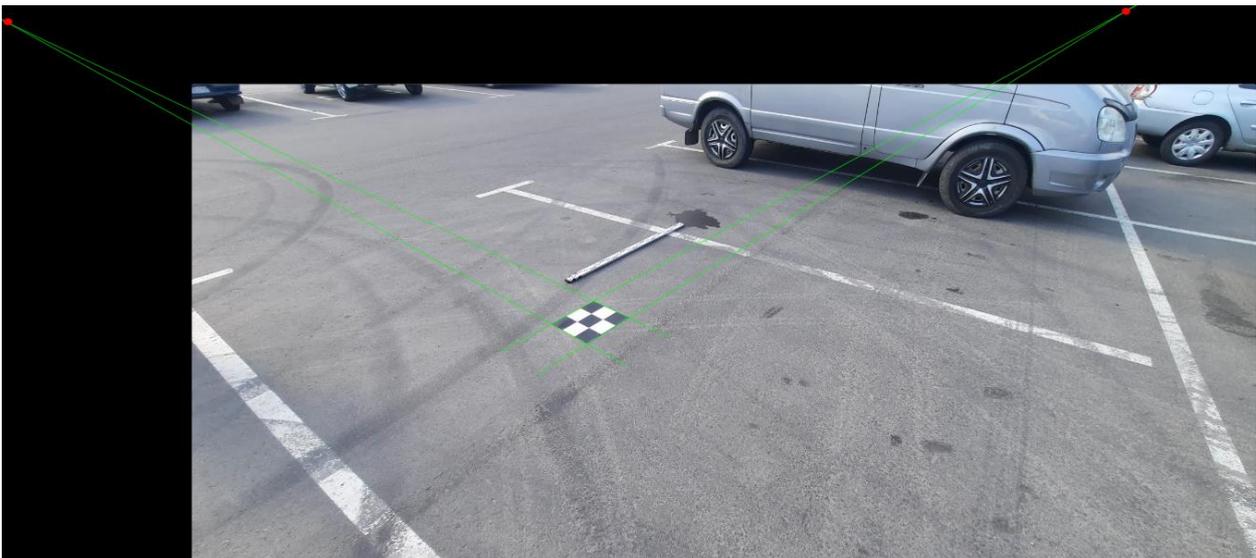


Рис. 3. Нахождение точек схода по отмеченным точкам
Fig. 3. Finding vanishing points by marked points

Данный этап реализуется соответствующими функциями программного обеспечения и не требует участия конечного пользователя.

Шаг 3: Построение новых клеток вокруг отмеченной области [Макарова, 2005]

Чтобы расширить отмеченную область, следует выполнить действия, согласно блок-схеме алгоритма, представленного на рис. 4.



Рис. 4 Процесс расширения перспективной сетки
Fig. 4. The process of expanding the perspective grid

Процесс вычисления координат новых точек для перспективной сетки показан на рис. 5.

После выполнения всех вышеперечисленных операций на изображение накладывается перспективная сетка, показанная на рис. 6.

Шаг 4: Преобразование в 2D проекцию для вычисления расстояний

Для более точного вычисления расстояний на перспективной сетке можно преобразовать выбранную область в 2D проекцию при помощи OpenCV [Howse, Minichino, 2022; Kaehler, Bradski, 2016], аналогичную виду сверху. Для этого нужно выполнить действия, описанные блок-схемой алгоритма на рис. 7.

В результате описанных выше преобразований получим изображение выделенной области «вид сверху», как показано на рис. 9.

На полученной проекции легче вычислять расстояния, однако точки всё равно будут отмечаться на оригинальном фото. Это означает, что все отрезки, поставленные на оригинальном фото, будут переноситься в 2D проекцию для точного измерения.

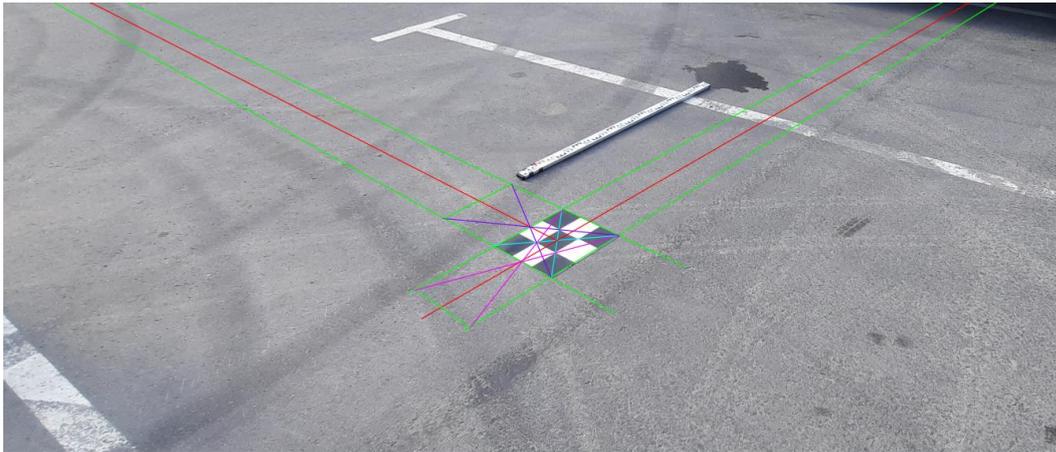


Рис. 5. Нахождение новых точек перспективной сетки
Fig. 5. Finding new perspective grid points



Рис. 6. Расширенная перспективная сетка на 2 клетки
Fig. 6. Extended perspective grid for 2 cells

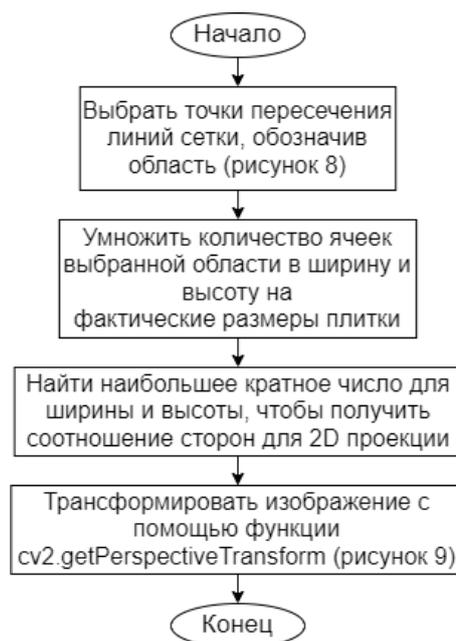


Рис. 7. Процесс преобразования в 2D проекцию
Fig. 7. The process of converting to a 2D projection



Рис. 8. Выделенная область перспективной сетки
Fig. 8. The selected area of the perspective grid



Рис. 9. Трансформированная 2D проекция выделенной области
Fig. 9. Transformed 2D projection of the selected area

Шаг 5: Вычисление расстояний на 2D проекции

Для точного вычисления расстояний необходимо точки перенести с перспективной сетки на 2D проекцию, блок-схема алгоритма данного процесса представлена на рис. 10 [Петрова, 2020].

Зная процентное соотношение, можно перенести её в 2D проекцию, как показано на рис. 11.

Пример: Измерение расстояния линейки

На примере линейки (рис. 12) можно продемонстрировать описанный метод и алгоритмы. Расставив точки на концах линейки, программа переносит эти точки на 2D проекцию и вычисляет расстояние, которое составляет 100.56 см. Это значение соответствует фактическому с очень малой погрешностью (рис. 13).

Таким образом, метод построения перспективной сетки с двумя точками схода позволяет не только создавать реалистичное изображение, но и точно измерять расстояния на плоской поверхности, используя 2D проекцию для более удобных вычислений.

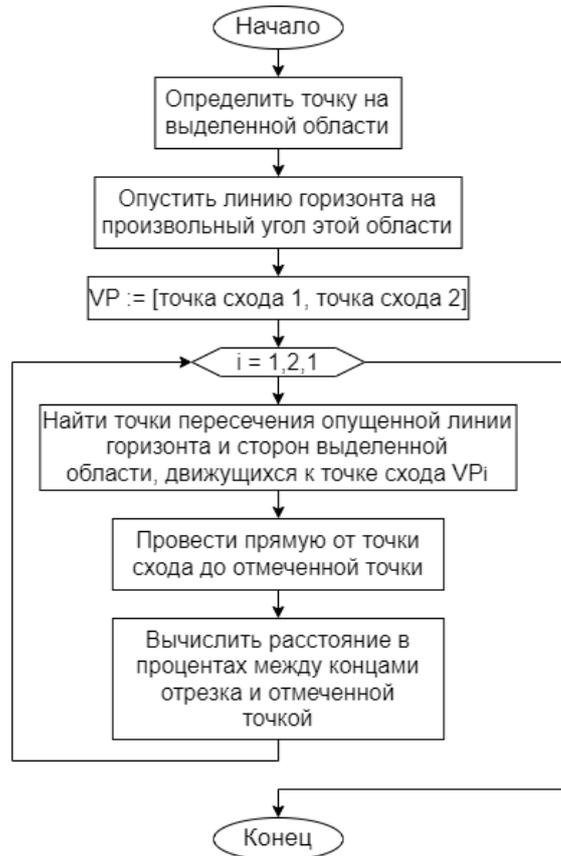


Рис. 10. Процесс переноса с перспективной сетки на 2D проекцию
Fig. 10. The process of transferring from a perspective grid to a 2D projection

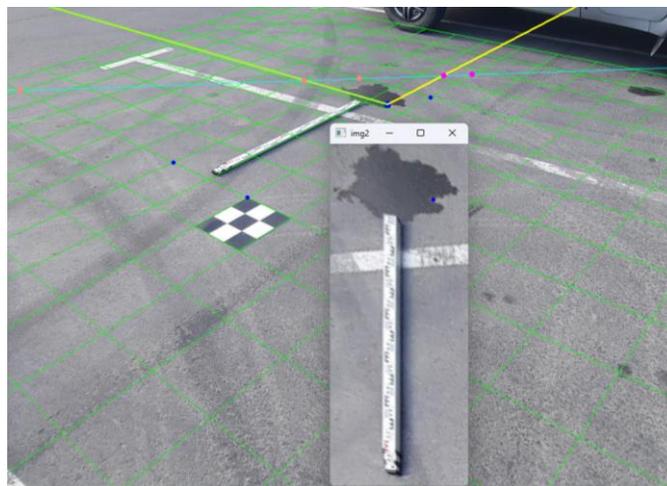


Рис.11. Определение точки на выделенной области
Fig. 11. Defining a point on the selected area



Рис. 12. Линейка
Fig. 12. Ruler



Рис. 13. Результат измерения расстояния на 2D проекции
Fig. 13. The result of measuring the distance on a 2D projection

Построение перспективной сетки при 1 точке схода на мерном объекте

В данном случае рассматривается построение перспективной сетки с одной точкой схода или же линейной фронтальной перспективы [Саунина, 2018], применяемое к мерному объекту. Одноточечная перспектива используется для изображения объектов, расположенных фронтально к зрителю, когда все линии, параллельные глубине, сходятся в одной точке на линии горизонта [Norling, 2012]. Это позволяет точно передать пропорции и перспективу объекта, создавая реалистичное и правдоподобное изображение на плоской поверхности. В качестве мерного объекта выступает пластмассовая плитка размером 30x30 см, разукрашенная в шахматный узор.

Построение перспективной сетки при одной точке схода во многом похоже на метод с двумя точками схода, однако есть несколько ключевых различий. В одноточечной перспективе все линии, параллельные глубине объекта, сходятся в одной точке на линии горизонта, что упрощает процесс построения сетки [Соловьёв, 1980].

Шаг 1: Определение углов объекта на фотографии

Сначала, как и в случае с двумя точками схода, необходимо отметить четыре угла объекта на фотографии, чтобы точно определить границы для дальнейших построений [Robertson, Bertling, 2013].

Шаг 2: Нахождение точки схода

Для одноточечной перспективы находим только одну точку схода на линии горизонта, куда сходятся все линии, параллельные глубине объекта. Эту точку определяем путём продолжения линий, до их пересечения [Cole, 2012].

Шаг 3: Построение новых клеток вокруг отмеченной области

Чтобы расширить отмеченную область, следует выполнить следующие действия:

1. Проложить новые точки от точки схода, повторить те же действия, что и в шаге 3 при 2 точках схода
2. Для линий, параллельных ширине или высоте объекта, достаточно перемещать точки на такое же расстояние, что и на параллельных отрезках в исходной области. Например, если на грани отмеченной области ширина клетки составляет 30 пикселей, то новое деление также будет 30 пикселей.

Эти шаги повторяются до тех пор, пока не будет создана желаемая сетка (рис. 14).

Шаг 4: Преобразование в 2D проекцию для вычисления расстояний

Шаг 4 аналогичен шагу 4 из предыдущего примера. Мы выбираем область и преобразуем её в 2D проекцию, чтобы облегчить процесс вычисления расстояний [D'Amelio, 2004].



Рис. 14. Расширенная перспективная сетка на 2 клетки
Fig. 14. Extended perspective grid for 2 cells

Шаг 5: Вычисление расстояний на 2D проекции

Вычисление расположения точек на 2D проекции будет отличаться от предыдущего примера, так как найти координаты по оси Y не удастся тем же способом. Поэтому используем следующий метод на рисунке 15 [Attebery, 2018]:

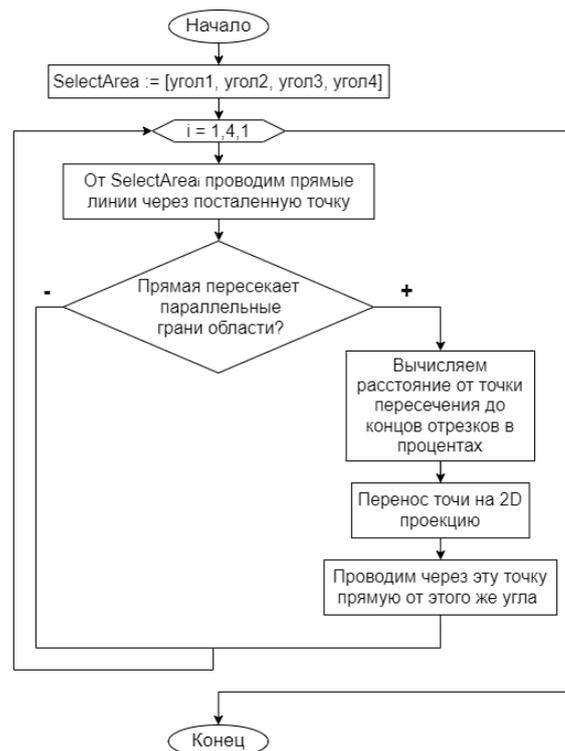


Рис. 15. Процесс переноса с перспективной сетки на 2D проекцию
Fig. 15. The process of transferring from a perspective grid to a 2D projection

Этот метод позволяет точно определить координаты точек на 2D проекции, обеспечивая правильное соотношение и точное измерение расстояний.

Пример: Измерение расстояния линейки

На примере линий разметки можно продемонстрировать описанный метод. Отметив точки на концах линий разметки, программа переносит их на 2D проекцию и вычисляет расстояние, которое составляет 253.58 см (рис. 17). Это значение соответствует фактическому с минимальной погрешностью (рис. 18).



Рис. 16. Определение точки на выделенной области
Fig. 16. Defining a point on the selected area

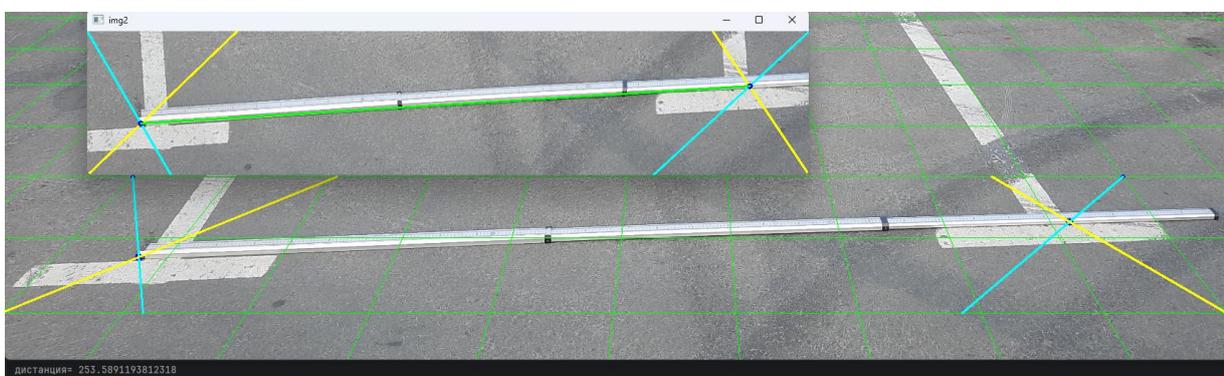


Рис. 17. Результат измерения расстояния на 2D проекции
Fig. 17. The result of measuring the distance on a 2D projection



Рис. 18. Фактическая длина парковки
Fig. 18. The actual length of the parking lot

Заклучение

Методы построения перспективной сетки с использованием одной или двух точек схода на мерном объекте представляют собой значимый инструмент для анализа дорожно-транспортных происшествий. Они позволяют создавать изображения, передающие пропорции и перспективу объектов на фотографиях, а также точно измерять расстояния на плоскости изображения. Эти методы упрощают процесс расследования и анализ ДТП, обеспечивая следователям необходимые инструменты для более эффективной работы.

Интеграция ключевых функций в единое программное решение повышает точность и эффективность работы следователей, сокращая зависимость от нескольких программных средств. В настоящее время тестируются возможности обнаружения следов на фотографиях с помощью алгоритма сегментирования YOLOv8 [Redmon, Divvala, Girshick, Farhadi 2016; Luo, Kou, Han, Wu 2023]. Дальнейшее развитие этих методов может улучшить технологии анализа ДТП и повысить качество заключений экспертов, способствуя безопасности дорожного движения.

Список литературы

- Барышников А.П. 1955. Перспектива М.: Искусство, 204.
- Зинин А.М., Вашко П.И., Кудалин А.П., Юмозапов Р.С. 2022. Фототехническая экспертиза: Методические рекомендации. М.: ЭКЦ МВД России, 81.
- Макарова М.Н. 2005. Практическая перспектива: Учебное пособие для студентов высших учебных заведений. М.: Академический Проект, 400.
- Никонов В.Н. 2016. Измерение по фотографии. Как правильность заключения специалиста была закреплена судом. URL: <https://pravorub.ru/articles/73408.html>
- Новиков И.А., Лазарев Д.А., Зиборова Е.И., Жихарев А.Г. 2024. Совершенствование дорожно-транспортной экспертизы в сфере безопасности дорожного движения путем внедрения методологии комплексного определения составляющих механизма дорожно-транспортных происшествий. Мир транспорта и технологических машин. № 1-3 (84): 71–81.
- Петрова В.В. 2020. Линейная перспектива и тени: электронное учебное пособие. Тольятти: Изд-во ТГУ, 157.
- Ратничин В.М. 1982. Перспектива. Киев: Вища школа, 232.
- Саунина В.М. 2018. Рисунок. Основы изобразительной грамоты для начинающих. Екб.: Ridero, 140.
- Саунина В.М., Саунина У.Н. 2021. О рисунке. Основы изобразительной грамоты для начинающих. Екб.: Издательские решения, 62.
- Соловьёв С.А. 1980. Перспектива М.: Просвещение, 143.
- Шешко И.Б. 1981. Построение и перспектива рисунка. Учеб. Пособие для студентов пед. ин-тов по спец. № 2121 «Педагогика и методика нач. обучения». 3-е изд., доп. Мн.: Выш. школа, 136.
- Attebery C. 2018. The Complete Guide to Perspective Drawing: From One-Point to Six Point. Routledge, 370.
- Cole R.V. 2012. Perspective for Artists. Courier Corporation, 288.
- D'Amelio J. 2004. Perspective Drawing Handbook. Dover Publications, 96.
- Howse J., Minichino J. 2022. Learning OpenCV 5 Computer Vision with Python. Packt Publishing Ltd., 93.
- Kaehler A., Bradski G. 2016. Learning OpenCV 3: Computer Vision in C++ with the OpenCV Library. O'Reilly Media, Inc., 1024.
- Luo B., Kou Z., Han C., Wu J. 2023. A “Hardware-Friendly” Foreign Object Identification Method for Belt Conveyors Based on Improved YOLOv8. Applied Sciences, 13(20): 11464.
- Norling E.R. 2012. Perspective Made Easy. Courier Corporation, 224.
- Redmon J., Divvala S., Girshick R., Farhadi A. 2016. You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). 779–788.
- Robertson S., Bertling T. 2013. How to Draw: Drawing and Sketching Objects and Environments from Your Imagination. Design Studio Press, 208.

References

- Baryshnikov A.P. 1955. Perspektiva M.: Iskusstvo, 204.
- Zinin A.M., Vashko P.I., Kudalin A.P., Yumozhapov R.S. 2022. Phototechnical expertise: Methodological recommendations. M.: ECC of the Ministry of Internal Affairs of Russia, 81.



- Makarova M.N. 2005. Practical perspective: A textbook for students of higher educational institutions. M.: Academic Project, 400.
- Nikonov V.N. 2016. Measurement by photo. How was the correctness of the expert's conclusion fixed by the court. URL: <https://pravorub.ru/articles/73408.html>
- Novikov I.A., Lazarev D.A., Ziborova E.I., Zhikharev A.G. 2024. Improvement of road transport expertise in the field of road safety through the introduction of a methodology for the comprehensive determination of the components of the mechanism of road accidents. The world of transport and technological machines. No. 1-3(84): 71–81.
- Petrova V.V. 2020. Linear perspective and shadows: an electronic textbook. Tolyatti: Publishing House of TSU, 157.
- Ratnichin V.M. 1982. Perspective. Kiev: Vishcha shkola, 232.
- Saunina V.M. 2018. Drawing. Fundamentals of visual literacy for beginners. Ecb.: Ridero, 140.
- Saunina V.M., Saunina U. N. 2021. About the drawing. Fundamentals of visual literacy for beginners. Ekb.: Publishing solutions, 62.
- Solovyov S.A. 1980. Perspektiva M.: Enlightenment, 143.
- Sheshko I.B. 1981. The construction and perspective of the drawing. [Studies. Manual for students of pedagogical institutes on spec. No. 2121 "Pedagogy and methods of primary education"]. 3rd ed., additional edition: Higher School, 136.
- Attebery C. 2018. The Complete Guide to Perspective Drawing: From One-Point to Six Point. Routledge, 370.
- Cole R.V. 2012. Perspective for Artists. Courier Corporation, 288.
- D'Amelio J. 2004. Perspective Drawing Handbook. Dover Publications, 96.
- Howse J., Minichino J. 2022. Learning OpenCV 5 Computer Vision with Python. Packt Publishing Ltd., 93.
- Kaehler A., Bradski G. 2016. Learning OpenCV 3: Computer Vision in C++ with the OpenCV Library. O'Reilly Media, Inc., 1024.
- Luo B., Kou Z., Han C., Wu J. 2023. A "Hardware-Friendly" Foreign Object Identification Method for Belt Conveyors Based on Improved YOLOv8. Applied Sciences, 13(20): 11464.
- Norling E.R. 2012. Perspective Made Easy. Courier Corporation, 224.
- Redmon J., Divvala S., Girshick R., Farhadi A. 2016. You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). 779–788.
- Robertson S., Bertling T. 2013. How to Draw: Drawing and Sketching Objects and Environments from Your Imagination. Design Studio Press, 208.

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

Поступила в редакцию 15.07.2024

Received July 15, 2024

Поступила после рецензирования 04.09.2024

Revised September 04, 2024

Принята к публикации 06.09.2024

Accepted September 06, 2024

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Наджаджра Мухаммед Хассан, кандидат технических наук, профессор кафедры информационных систем управления, Университет Аль-Истикляль, Палестина, г. Иерихон

Mohammed H. Najajra, Candidate of Technical Sciences, Professor, Department of Management Information Systems, Al-Istiqlal University, Palestine, Jericho

Черных Владимир Сергеевич, студент 2 курса магистратуры, кафедры прикладной информатики и информационных технологий, институт инженерных и цифровых технологий, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

Vladimir S. Chernykh, 2nd year Master's student, Department of Applied Informatics and Information Technology, Institute of Engineering and Digital Technologies, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

Жукова Наталья Алексеевна, кандидат юридических наук, доцент, заведующая кафедрой судебной экспертизы и криминалистики, Белгородский государственный национальный исследовательский университет г. Белгород, Россия

Natalya A. Zhukova, Candidate of Law Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Forensic Science and Criminalistics, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

Жихарев Александр Геннадиевич, доктор технических наук, доцент, доцент кафедры программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

Alexander G. Zhikharev, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Computer Engineering and Automated Systems Software, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Belgorod, Russia

Лазарев Дмитрий Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации и организации движения автотранспорта, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

Dmitry A. Lazarev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Operation and Organization of Motor Transport, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Belgorod, Russia

Мартон Никита Андреевич, студент 2 курса магистратуры, кафедры прикладной информатики и информационных технологий, институт инженерных и цифровых технологий, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

Nikita A. Marton, 2nd year Master's student, Department of Applied Informatics and Information Technology, Institute of Engineering and Digital Technologies, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia