

РАСЧЕТ ВЫБРОСА ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРУ АВТОТРАНСПОРТНЫМИ СРЕДСТВАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МНОГОАГЕНТНОЙ СИСТЕМЫ

А. Н. Маренков

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 10.10.2009

Аннотация. В статье описывается метод расчета объема загрязняющих веществ в атмосфере автотранспортными средствами (АС) с использованием многоагентной системы. Каждое АС представляется как самостоятельная система (агент), действующая в рамках некоторой области деятельности по заданным правилам. Разработанная модель позволяет получать достоверные результаты рассеивания загрязняющих веществ выделяемых АС.

Ключевые слова: загрязняющие вещества, автотранспортные средства, многоагентная система.

Annotation. The article discusses a vehicle atmospheric emission pollutant calculation method, based on using multi-agent system. Each vehicle acts as an intelligent agent, which operates in some area with defined rules. Received model allows us to obtain dependable emission pollutant calculation results.

Keywords: atmospheric pollutant, vehicle, multi-agent system.

ВВЕДЕНИЕ

Для минимизации ущерба, причиняемого человечеством окружающей среде, необходимо иметь возможность максимально точно рассчитать объем загрязняющих веществ (ЗВ), попадающий в окружающую среду в процессе той или иной деятельности человека.

Также необходимо знать, каким образом этот объем распределяется в пространстве, чтобы минимизировать воздействие ЗВ на жилые зоны, сельскохозяйственные участки и прочее.

Частным случаем загрязнения окружающей среды является выброс ЗВ в атмосферу. Для этого типа загрязнения существуют определенные нормативные рекомендации по расчету, и выработаны формы для сбора информации об источниках загрязнения атмосферы (ИЗА). Поэтому для этой области экологических расчетов существует класс унифицированных программ расчета загрязнения атмосферы (УПРЗА).

Многие ИЗА работают не постоянно, а в определенные временные промежутки. Кроме того, в эти промежутки ИЗА может функционировать с определенной вероятностью. Такие источники получили название «нестационарные ИЗА».

Автотранспортные средства (АС) также выбрасывают ЗВ в атмосферу. При этом АС не только функционируют в определенные временные промежутки, но и меняют свое местоположение с течением времени. Таким образом, АС можно назвать «передвижными нестационарными ИЗА».

Однако существующие УПРЗА не рассчитаны на работу с передвижными нестационарными ИЗА. Следовательно, они не могут обеспечить максимальную достоверность расчетов. В связи с этим актуальна задача расчета загрязнения атмосферы автотранспортными средствами.

В статье [1] был приведен язык описания временных данных АС, и было дано математическое обоснование метода дискретизации временных интервалов функционирования АС. Однако остался вопрос определения положения АС в эти интервалы и объем выброшенных ЗВ. Наиболее перспективным методом представляется моделирование с использованием многоагентной системы [6].

Предлагается рассматривать каждый автомобиль, участвующий в автомобильном движении, как автономную систему (агента), которая действует согласно заданным правилам в рамках своей цели.

Для проведения моделирования необходимо задать область действия агентов (сеть дорог),

множество агентов (автомобили) и алгоритм поведения агентов (некое усеченное подмножество правил дорожного движения, объединенное со специфичными правилами модели).

1. ОПИСАНИЕ ОБЛАСТИ ДЕЙСТВИЯ АГЕНТОВ

Для задания области действия агентов введем следующие элементы: отрезок дороги, площадка, светофор, ключевая точка.

Отрезок дороги — представляет собой некий прямой участок дороги. Характеризуется своей начальной точкой и конечной точкой. Также мы не можем пренебречь шириной отрезка, так как при расчете объема выброса ЗВ отрезок дороги будет представлять собой площадной источник выброса ЗВ [3].

Таким образом, отрезок дороги обладает шириной. В рамках нашей задачи ширину дороги удобно представлять в полосах движения, поэтому для каждого отрезка дороги будет задаваться количество полос движения в каждую сторону. Одновременно с этим количество полос определяет пропускную способность отрезка дороги в каждом направлении.

Конец каждого отрезка может соединяться с $[0..n]$ концами других отрезков. Точка соединения сама по себе не имеет каких-либо размеров, поэтому обозначает лишь возможность для агентов перемещаться между двумя соединенными отрезками.

Площадка — представляет некую прямоугольную область, внутри которой агенты могут перемещаться в любых направлениях. Размеры площадки всегда кратны размерам агентов. Такой элемент необходим для представления автостоянок, складских площадок на заводах, дворов предприятий и прочее. Площадка также при расчете будет представлять собой площадной источник выбросов ЗВ. С площадкой могут соединяться неограниченное количество отрезков дороги.

Светофоры — регулирующие элементы. Могут располагаться только в точках соединения отрезков. Один светофор может регулировать движение только для двух отрезков. Таким образом, если в одной точке соединяются n отрезков, максимальное количество светофоров в этой точке — $n * (n - 1)$. Светофор разрешает или запрещает движение сразу в обоих направлениях. Для светофоров можно задать вероятность его нахождения в каждом из трех состоя-

ний (зеленый свет, красный свет, не работает) или задать временные интервалы непосредственно.

Ключевая точка — точка, несущая смысловую информацию для агентов. Точка может нести как положительную (в этом случае агенты будут стремиться к ней), так и отрицательную (агенты будут стремиться от нее) оценку. Точки могут иметь одинаковый смысл для всех агентов, или варьировать свою оценку для разных подмножеств агентов. Также точки могут менять свою оценку с течением времени и в связи с какими-либо условиями. Ключевая точка должна находиться в зоне доступности агентов (на участке дороги или на площадке).

Кроме того необходимо ввести дополнительные ограничения. Длина отрезка дороги всегда кратна длине агента. Таким образом, на одном участке дороге может размещаться $n * (m1 + m2)$, где n — кратность длины отрезка дороги длине агента, $m1$ и $m2$ — количество полос в одном и другом направлении.

Ввод агентов в область действия может осуществляться на любое свободное место на границе области (место на границе — место, имеющее хотя бы с одной из восьми сторон участок, не принадлежащий области действия). Таким образом, имитируется выезд автотранспорта с прилегающей территории, с второстепенных дорог и с дорог, не входящих в рассматриваемую область действия агентов.

Вывод агентов из области действия также может осуществляться с любого свободного места на границе области.

Каждый участок дороги случайным образом может стать недоступным для проезда. В этом случае находящиеся на нем агенты продолжают движение, с целью покинуть участок; агенты, не находящиеся на этом отрезке, не могут заехать на него. Так же через случайный промежуток времени участок восстанавливает свою функциональность. Таким образом, имитируется изнашивание дорожного покрытия и ремонтные работы.

2. СВОЙСТВА АГЕНТОВ

Агенты в данной модели представляют собой автотранспортные средства. Соответственно, согласно [4, 5] агенты должны обладать следующими необходимыми для расчета рассеивания ЗВ характеристиками: тип (легковые, грузовые, автобусы), вид моторного топлива (бензин, ДТ,

сжиженный газ, сжатый газ), экологический класс (Евро 0—3).

Агенты передвигаются по области действия, следуя своим целям. Агенты «знают» карту дорог, местоположение своих ключевых точек и других агентов, находящихся в пределах того же отрезка дороги.

Но агенты не обладают полной информацией о ситуации на дороге: о пробках на других участках дорог, о невозможности проезда на «аварийных» участках, о состоянии светофоров и их интервалах переключения. Также агенты имеют кратковременную память о степени проходимости участков дорог, которые агент посетил за последние k шагов.

Свой маршрут агенты строят согласно карте дорог, своих целей и с ориентацией на текущую ситуацию. Таким образом, построив изначально свой маршрут (например, используя алгоритм обхода графа в ширину), агент может начать двигаться с отклонением от него (чтобы объехать проблемный участок), или примет решение о полном перестроении маршрута движения.

3. ПРАВИЛА ПОВЕДЕНИЯ АГЕНТОВ

Движение агенты начинают из произвольных граничных точек области действия. Эти точки задаются оператором или определяются случайным образом.

Агенты стремятся достичь точек с положительной оценкой и избегать точек с отрицательной оценкой.

Движение агентов происходит по отрезкам дорог и участкам.

На протяжении отрезка агент не может менять направление движения, возможно только изменение скорости и перестроение из полосы в полосу. Изменить направление движения агент может лишь в точке соединения отрезков или в конце отрезка. Внутри отрезков агенты могут двигаться только на одно из трех мест впереди себя (непосредственно перед агентом и слева и справа по диагонали спереди), если место свободно.

Внутри площадки агенты могут передвигаться в любых направлениях на свободные места.

На одном месте в один момент времени не может находиться больше одного агента. Так же невозможен мгновенный обмен местами двумя агентами.

4. АЛГОРИТМ ПРОВЕДЕНИЯ РАСЧЕТА ОБЪЕМА ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

Оператором задается требуемая область действия агентов. Определяется количество и характеристики агентов. Определяются точки входа агентов в область действия. Так же задается временной отрезок, на котором производится расчет объема выброса ЗВ автотранспортными средствами. Задаются участки дорог, на которых происходит сбор информации об объеме выброса ЗВ.

Согласно [1] заданный временной отрезок разбивается на отрезки по 10 минут. Для каждого расчетного участка дороги будет фиксироваться суммарный объем ЗВ, выброшенный прошедшими через него агентами, в каждый из десятиминутных интервалов.

Однако 10 минут — это слишком долго для продолжительности одного шага моделирования. Так как дорожная ситуация меняется стремительно и, в среднем, 2 метра (ориентировочная длина агента) автотранспортное средство проходит за $1/8$ секунды, резонно принять продолжительность одного имитационного шага в 0.1 секунды.

На каждом шаге каждый агент анализирует ситуацию перед собой и либо перемещается в следующее место, либо остается на текущем. В качестве оптимизации, каждый агент помнит предыдущую ситуацию и принимает новое решение только в случае изменения ситуации.

Так же на каждом шаге для каждого расчетного участка дороги подсчитывается прирост объема выброса ЗВ по формулам, приведенным в [4, 5]. Для этого анализируется каждый агент, находящийся на участке дороги на этом шаге. При этом учитываются такие факторы, как скорость движения агента, его тип, экологический класс и вид топлива.

После завершения всех шагов моделирования, данные, полученные для расчетных участков дороги, обрабатываются модулем расчета рассеивания ЗВ нестационарными источниками [1, 3]. При этом каждый расчетный участок дороги представляется площадным нестационарным источником выброса ЗВ в атмосферу. В дальнейшем, на поле результатов расчета может осуществляться построение изолиний и изоконтуров [2].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведенное решение задачи расчета объема выброса загрязняющих веществ автотран-

спортными средствами позволяет получать достоверные результаты. В отличие от других методов [1], где оператор должен был максимально точно определить зависимость местоположения АС от времени и вероятность его функционирования на определенных промежутках времени, данное решение определяет это автоматически.

Существенным недостатком приведенного решения является его ресурсоемкость. С ростом количества моделируемых автотранспортных средств и увеличением сложности логики поведения каждого агента, стремительно увеличивается время, необходимое на проведение одного имитационного шага. Поэтому метод требует доработки. В частности предполагается, что использование аналитических методов вкупе с моделированием позволит достичь более высокой скорости расчета. Также отказ от дискретности перемещения агентов позволит получать еще более точные результаты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Маренков А. Н.* Учет нестационарности функционирования источников загрязнения атмосферы при проведении расчета рассеивания // Вестник

Маренков Алексей Николаевич — аспирант кафедры программирования и информационных технологий факультета компьютерных наук Воронежского государственного университета. Тел. 8(960)120-08-47. E-mail: amarenkov@inbox.ru.

Воронежского государственного университета. Серия «Системный анализ информационные технологии». — Воронеж, 2009. — № 1. — С. 95—99.

2. *Маренков А. Н.* Построение изолиний и контуров на поле результатов расчета выброса загрязняющих веществ // Вестник Воронежского государственного университета. Серия «Системный анализ информационные технологии». — Воронеж, 2008. — № 2. — С. 127—130.

3. ГОСТ 17.2.3.02-78 Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями.

4. *Рузский А. В.* Расчетная инструкция (методика) по инвентаризации выбросов загрязняющих веществ от автотранспортных средств на территории крупнейших городов / А. В. Рузский, В. В. Донченко, Ю. И. Кунин, В. А. Петрухин, В. А. Виженский, М. Е. Вайсблум. — М.: Автополис-плюс, 2008. — 80 с.

5. *Рузский А. В.* Расчетные инструкции (методики) по инвентаризации выбросов загрязняющих веществ автотранспортными средствами и дорожно-строительными машинами в атмосферный воздух / А. В. Рузский, В. В. Донченко, Ю. И. Кунин, В. А. Петрухин, В. А. Виженский, М. Е. Вайсблум, И. Г. Степанов. — М.: Автополис-плюс, 2008. — 84 с.

6. *Kirn S.* Multiagent Engineering / S. Kirn, O. Herzog, P. Lockemann, O. Spaniol. — М.: Heidelberg, 2006. — 617 с.

Marenkov Alexey Nikolaevich — Post-Graduate student The dept. of the Programming and Information Technologies, Computer Science Faculty, Voronezh State University Tel. 8(960)120-08-47. E-mail: amarenkov@inbox.ru