

ОБ АЛГОРИТМЕ СТАЦИОНАРНОГО КОНТРОЛЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В НЕБОЛЬШОМ ГОРОДЕ

Степанченко И.В.

Камышинский технологический институт (филиал) Волгоградского государственного технического университета, Камышин, Россия (403874, Камышин, ул. Ленина, 6а), e-mail:stilvi@mail.ru

В статье рассматривается задача построения стационарной сети контроля за состоянием атмосферного воздуха. Указываются основные задачи для подсистемы контроля. Для задачи определения количества и местоположения датчиков приводятся два критерия – экономический (минимальное количество датчиков) и технический (минимизация ошибки измерения). Для второго критерия приводится описание влияния особенностей рассматриваемой задачи. В частности показано влияние статистических данных о направлении ветра на количество датчиков. Также приведены обоснования для определения области возможного расположения средств контроля. Таким обоснованием служит карта рассеивания загрязняющих веществ от источников выбросов. Приведен пример расчета сети стационарных средств контроля различными методами распределения ресурсов. Показана эффективность расположения средств контроля модифицированным алгоритмом конкурсного механизма. Модификация алгоритма связана с учетом статистических данных о направлении и силе ветра в виде весовых коэффициентов алгоритма.

Ключевые слова: атмосферный воздух, датчик, загрязняющее вещество, источник выброса, конкурсный механизм, факел выбросов, экологический мониторинг.

ABOUT ALGORITHM FOR STATIONARY MONITORING POLLUTANTS IN SMALL CITY

Stepanchenko I.V.

Kamyshin Technological Institute (branch of) Volgograd State Technical University, Kamyshin, Russia (403874, Kamyshin, street Lenina, 6a), e-mail:stilvi@mail.ru

The problem of the design measurement net monitoring air quality is considered. The main problem is design the control subsystem. Two criteria are given for the problem of determining the number and location of sensors. The first criterion is the economic (to minimize the number of sensors). The second criterion is technical (to minimize the measurement error. The problem of the influence features on the second criterion is described. The statistical data of wind directions influences on the number of sensors. We provide evidence for determining the area of a possible arrangement of controls. The plume of the pollutants dispersion from emission sources limits area for possible locations of sensors. An example of the net sensors calculation by various methods of assignment problem is described. The modified algorithm takes into account the statistical data of wind directions and forces. The modified algorithm reduced the measurement error at 40 percent.

Keywords: assignment problem, atmospheric air, emission source, environmental monitoring, plume, pollutant, sensor.

Расположение измерительных устройств в системах экологического мониторинга окружающей среды является трудной и сложной задачей, особенно для неоднородного рельефа местности или в условиях сильной ограниченности финансовых средств [5]. Понятно, что не всегда возможно измерить значения контролируемых величин в любой точке пространства или поставить необходимое количество датчиков [1]. В данной работе рассматривается подсистема измерений с помощью сети стационарных датчиков для системы экологического мониторинга атмосферного воздуха в небольших городах.

В процессе проектирования измерительной подсистемы экологического мониторинга атмосферного воздуха необходимо решить следующие вопросы [7, 8]:

- определить порядок опроса датчиков, чтобы полученные данные не приводили к противоречивым решениям, принимаемым на основе этих данных;
- определить период опроса датчиков, чтобы система адекватно реагировала на процессы, протекающие в атмосфере, и не упускала моменты, требующие контроля;
- определить количество датчиков и их расположение так, чтобы информация о состоянии атмосферного воздуха была наиболее полной.

В данной работе решается последняя задача. В качестве объекта измерений рассматривается приземный слой атмосферного воздуха, распространение примесей загрязняющих веществ в котором описывается моделью, положенной в основу документа ОНД-86 [6].

При расчете концентраций загрязняющих веществ от одного источника учитываются следующие параметры: температурная стратификация атмосферы; масса вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени; скорость оседания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе; условия выхода газовой смеси из устья источника выброса; высота источника выброса над уровнем земли; диаметр устья источника выброса; влияние рельефа местности; разность между температурой окружающего атмосферного воздуха и температурой выбрасываемой газовой смеси; расход газовой смеси; средняя скорость выхода газовой смеси из устья источника выброса [2, 3, 5, 6].

Модель в ОНД-86 была разработана для расчета наихудших условий, при которых достигаются максимальные загрязнения концентраций, поэтому, несмотря на погрешность до 30 %, она позволяет утверждать, что концентрация в любой точке пространства в реальных условиях будет не больше, чем дают расчеты.

Наиболее важными параметрами для решения задачи расположения датчиков в предлагаемом алгоритме являются среднегодовая скорость ветра и вероятность направления ветра. По статистическим данным можно построить розу ветров, по которой отчетливо видно, что в некоторых направлениях вероятность ветра не велика, что позволяет сократить число датчиков в данном направлении без потери необходимой информации (рис. 1).

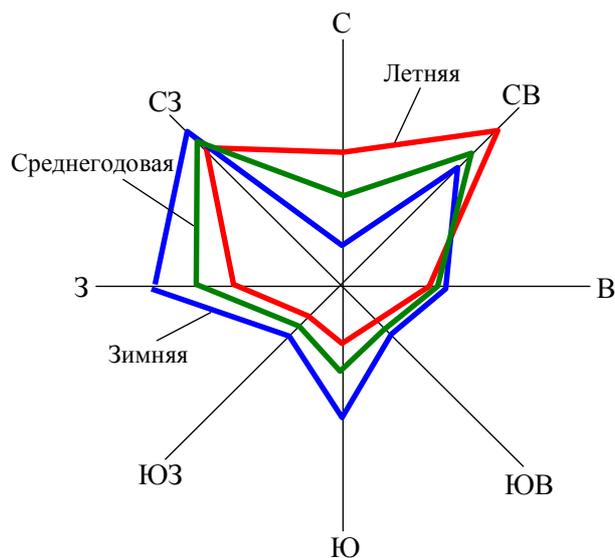


Рис. 1. Пример розы ветров небольшого города

Если рассмотреть карту концентраций загрязняющих веществ для пяти источников, можно заметить, что присутствуют области с одинаковой концентрацией (рис. 2). Поэтому для получения полной картины выбросов загрязняющих веществ необходимо провести измерения в направлении изменения наибольшего уровня концентрации. Это дает преимущество в случае, если нет возможности произвести измерения в какой-нибудь из областей, тогда проводятся измерения в области с такой же концентрацией.

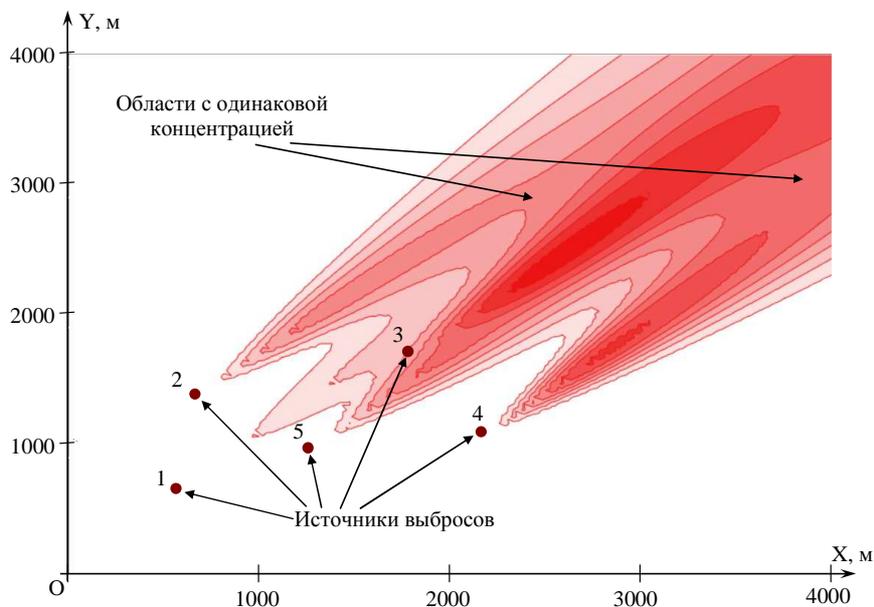


Рис. 2. Общая картина рассеивания загрязняющих веществ группой источников

Если рассмотреть факел выбросов от одного источника изолированно, то можно заметить, что измерения необходимо выполнять вдоль оси факела (рис. 3), причем в первой части факела (до максимального значения). Остальные значения возможно интерполировать с высокой точностью.

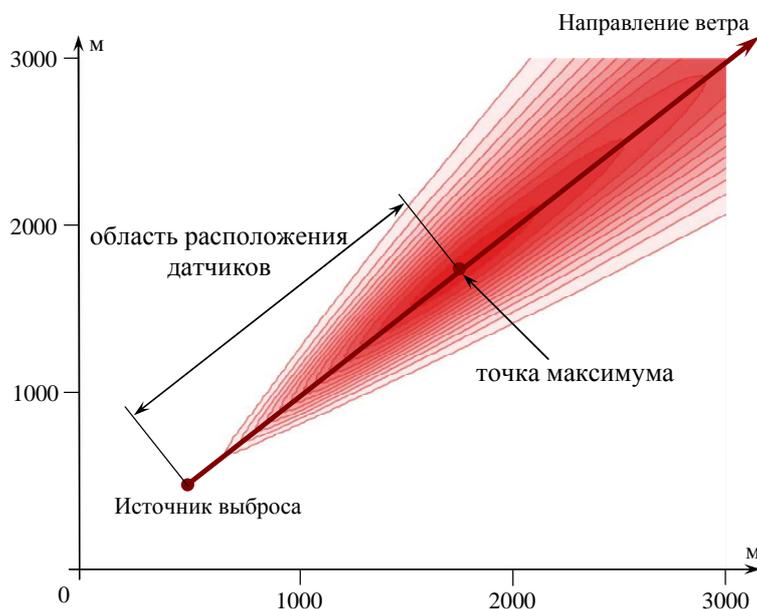


Рис. 3. Факел выбросов от одного источника

Поскольку положение максимума зависит не только от направления ветра, но и от его скорости, то с помощью модели ОНД-86 рассчитываются границы, до которых может располагаться точка максимума в каждом направлении ветра от каждого источника, и из этих точек выбирается наиболее удаленная.

Далее решение задачи поиска количества датчиков и их местонахождения должно выполняться при нахождении компромисса между двумя критериями: минимизация количества датчиков (и, соответственно, стоимости системы) и минимизация погрешности, получаемой за счет измерительных каналов и проведенной ступенчатой экстраполяции.

Построение измерительной подсистемы производилась на основе механизма прямых приоритетов и конкурсного механизма. При решении задачи было выявлено, что данные механизмы не позволяют учесть особенности данной предметной области, что привело к необходимости их усовершенствования. За основу нового алгоритма был взят механизм прямых приоритетов. При модификации были введены дополнительные коэффициенты, позволяющие соотнести между собой параметры среднегодовой скорости и среднегодовой вероятности направления ветра (розы ветров).

Пример решения задачи методом прямых приоритетов, конкурсного механизма и модифицированного алгоритма для 24 датчиков приведен на рис. 4.

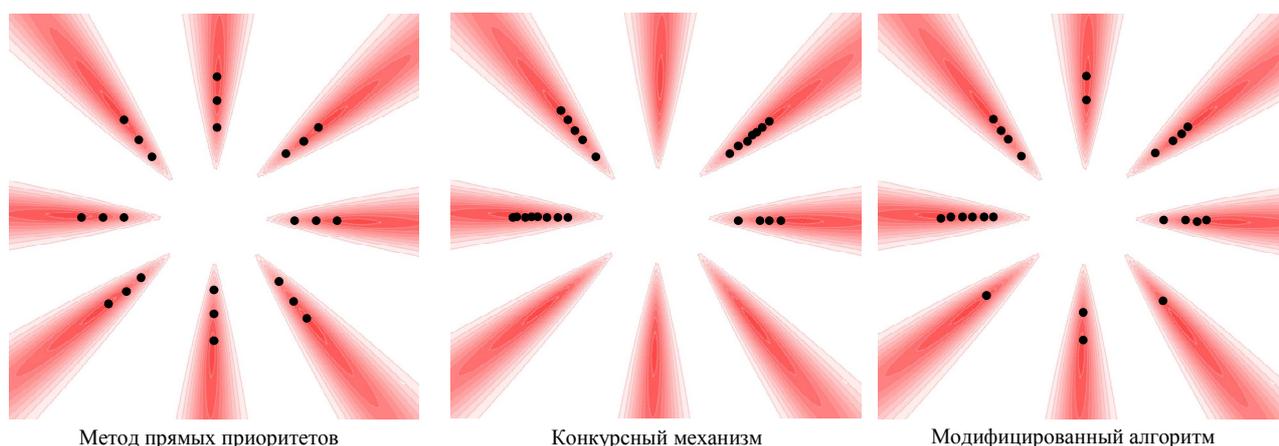


Рис. 4. Расположение датчиков разными алгоритмами

Подсистема контроля, основанная на механизме прямых приоритетов, позволила равномерно распределить все датчики в 8 направлениях. Погрешность измерения подсистемой составила 18,3 % на расчетной модели.

При использовании конкурсного метода была получена подсистема, которая позволяла давать хорошие результаты лишь в тех направлениях, вероятность направления ветра в которые была велика. Это привело к тому, что все датчики были распределены всего лишь в четырех направлениях из восьми, из-за этого погрешность подсистемы контроля составила 53 % на расчетной модели.

Усовершенствованный алгоритм позволил найти компромисс между количеством датчиков и погрешностью подсистемы в целом, что позволило уменьшить погрешность подсистемы до 10,6 % для заданного количества датчиков.

Таким образом, можно сделать вывод, что модификация существующих методов распределения ресурсов с учетом статистических метеорологических параметров и особенностей выбросов загрязняющих веществ из источников для подсистемы стационарного расположения средств контроля атмосферного воздуха позволяет уменьшить погрешность измерений примерно на 40 % по сравнению с равномерным расположением средств контроля.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант 14-07-97011.

Список литературы

1. Камаев В.А., Щербаков М.В., Скоробогатченко Д.А. Автоматизированная система прогнозирования транспортно-эксплуатационного состояния дорог // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2004. – № 4. – С. 2–6.

2. Крушель Е.Г., Степанченко И.В., Степанченко О.В. Алгоритм оценки пространственного распределения приземных концентраций вредных веществ по результатам точечных измерений // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2011. – Т. 3. № 10. – С. 9-13.
3. Крушель Е.Г., Степанченко И.В. Об алгоритме идентификации параметров выбросов вредных веществ в атмосферу // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2013. – № 10 (112). – С. 37-42.
4. Крушель Е.Г., Степанченко И.В. Программный комплекс для исследования цифровых систем управления с информационным запаздыванием // Датчики и системы. – 2002. – № 11. – С. 12-14.
5. Крушель, Е.Г. Экологический мониторинг атмосферного воздуха небольших городов. Модели и алгоритмы / Е.Г. Крушель, И.В. Степанченко, А.Э. Панфилов. – М.: Наука, 2012. – 118 с.
6. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий / Утверждена председателем государственного комитета СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды № 192 от 04.08.1986 г. – Л.: Гидрометеоиздат, 1987. – 68 с.
7. Муха Ю.П., Авдеюк О.А., Королева И.Ю. Информационно-измерительные системы с адаптивными преобразованиями. управление гибкостью функционирования // Волгоградский государственный технический университет. – Волгоград, 2010. – 303 с.
8. Муха Ю.П., Авдеюк О.А., Антонович В.М. Теория и практика синтеза управляющего и информационного обеспечения измерительно-вычислительных систем / ВолгГТУ. – Волгоград: РПК «Политехник», 2004. – 220 с.

Рецензенты:

Фоменков С.А., д.т.н., профессор, профессор кафедры «Системы автоматизированного проектирования и поискового конструирования» Волгоградского государственного технического университета, г. Волгоград;

Томашевский Ю.Б., д.т.н., профессор, зав кафедрой «Системотехника» Института электронной техники и машиностроения Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А., г. Саратов.