

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И ОБУЧАЮЩИЕ СИСТЕМЫ

УДК 004.021

А. И. Бракович, кандидат технических наук, доцент (БГТУ);
В. Л. Колесников, доктор технических наук, профессор (БГТУ)

КОМПЬЮТЕРНОЕ ОБУЧАЮЩЕЕ ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО «МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОГРАНИЧЕННЫХ ЗОН ТЕРРИТОРИЙ»

В данной статье описано созданное программное средство, представляющее собой геоинформационную систему, которая выполняет комплексную оценку конкретной местности. Источником загрязнения являются промышленные объекты, параметры функционирования которых можно задавать. В состав остальных объектов геоинформационной системы входят земельные угодья, леса, урбасистемы. Моделирование текущей ситуации отображается на интерактивной карте выделенных зон территории.

This article describes a software tool created, which is a geographic information system that performs a comprehensive assessment of a particular locality. The source of pollution are industrial enterprises, operating parameters which can be set. The composition of other objects of geographic information system consists of land, forests and cities. Simulation of the current situation is shown on an interactive map selected areas of the territory.

Введение. Мониторинг окружающей среды – система проводимых по определенной программе длительных регулярных наблюдений за окружающей средой, оценки состояния, анализа и прогноза изменений окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов.

Система экологического мониторинга должна накапливать, систематизировать и анализировать информацию:

- о состоянии окружающей среды;
- причинах наблюдаемых и вероятных изменений состояния (т. е. об источниках и факторах воздействия);
- допустимости изменений и нагрузок на среду в целом;
- существующих резервах биосферы.

Геоинформационные системы (ГИС) – системы, предназначенные для сбора, хранения, анализа и графической визуализации пространственных данных и связанной с ними информации о представленных в ГИС объектах. Структура ГИС имеет следующий вид:

- данные (пространственные данные):
 - а) позиционные (географические): местоположение объекта на земной поверхности;
 - б) непозиционные (атрибутивные): описательные;
 - аппаратное обеспечение (ЭВМ, сети, накопители, сканер, дигитайзеры и т. д.);
 - программное обеспечение (ПО);
 - технологии (методы, порядок действий и т. д.).

Другими словами, это инструменты, позволяющие пользователям искать, анализировать и редактировать цифровые карты, а также дополнительную информацию об объектах, например высоту здания, адрес, количество жильцов [1–3].

Основная часть. Целью данной работы являлось создание программного средства, представляющего собой геоинформационную систему, выполняющую экологическую оценку конкретной местности. Источником загрязнения в данном случае являются промышленные объекты, характеризующиеся определенными параметрами (объем выброса, его температура и т. д.). В свою очередь остальные объекты на виртуальной карте обладают различными атрибутами в зависимости от типа объекта (например, плотность древостоя для лесных массивов, заустаренность для открытых пространств и т. д.). После моделирования аварийной ситуации на промышленном объекте составляется карта загрязнений и проводится комплексная оценка всех объектов на карте с учетом фактора загрязнения. В заключение формируется отчет о состоянии всех объектов.

Математической основой программного средства являются:

- 1) стандартная методика ОНД 86, применяемая для расчета приземных концентраций загрязняющих веществ. Основной формулой для расчета является:

$$C_m = \frac{AMFmnr/f}{H^2 \sqrt[3]{V_1 dT}}, \quad (1)$$

где A – параметр, который характеризует неблагоприятные климатические метеорологические условия, для Беларуси $A = 160$; M – количество вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени, г/с; F – безразмерный коэффициент; для газообразных вредных веществ и мелкодисперсных аэрозолей, скорость упорядоченного оседания наиболее крупных фракций которых не превышает 3–5 см/с, $F = 1$, для крупнодисперсной пыли и золы при степени очистки более 90% $F = 2$, при степени очистки 75–90% $F = 2,5$, при степени очистки менее 75% $F = 3$, если выбросы пыли сопровождаются выделением водяного пара и его конденсацией и коагуляцией пылевых частиц – $F = 3$; m и n – безразмерные коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой смеси из устья источника выброса; r/f – безразмерный коэффициент, принимается $r/f = 1$, если в радиусе 50 высот труб H от источника перепад отметок местности не превышает 50 м на 1 км; в других случаях поправка на рельеф устанавливается на основе анализа картографического материала; H – высота источника выброса, м; V_1 – объем газовой смеси, м³/с; dT – разность температуры между выбрасываемым веществом и окружающей средой [4];

2) комплексная функция желательности для оценки качества объектов различных типов по нескольким признакам.

Предлагается для функций с односторонними ограничениями использовать логистическое нормализующее выражение вида

$$d_{ij} = e^{-e^{(b_0 + b_1 Y_{ij})}}, \quad (2)$$

где d_{ij} – частные функции желательности для j -го фактора; b_0 и b_1 – эмпирические коэффициенты; Y_{ij} – i -е текущие (измеренные) значения j -го фактора.

Двухсторонние критерии следует нормализовать колоколообразной функцией

$$d_{ij} = e^{-\frac{(Y_{ij} - Mx_j)^2}{2\sigma_j^2}}, \quad (3)$$

где d_{ij} – частные функции желательности для j -го критерия i -го измерения; Y_{ij} – измеренные значения j -го критерия; Mx_j – наилучшее желаемое значение j -го критерия; σ_j – значение критерия, соответствующего значению 0,33 частной функции желательности.

Применение формул (2) и (3) дает возможность сравнивать результаты измерений в одной шкале (d_{ij} изменяются в диапазоне от 0 до 1) [1–3].

Обобщенный критерий вычисляется по формуле

$$D_i = \left(\prod_{j=1}^p d_{ij}^{\delta_j} \right)^{1/\sum_{j=1}^p \delta_j}, \quad (4)$$

где p – количество обобщаемых факторов; d_{ij} – частные функции желательности i -го образца по j -му фактору; δ_j – статистический вес (важность) j -го фактора ($0 \leq \delta_j \leq 1$) [1–3].

Сама карта представляет собой мозаику из объектов класса movie clip. Все эти объекты разбиты на подтипы и размещены в различных слоях для иерархии видимости. Основными типами являются forest_ (леса), ground_ (земля), water_ (вода), zcity_ (урбасистемы). Именно эти четыре базовых типа используются в дальнейшем при комплексной оценке качества.

Во избежание загромождения карты при определенном масштабе некоторые элементы сделаны невидимыми (в частности, система дорог и названия небольших населенных пунктов), при увеличении эти элементы становятся видимыми. Некоторые же элементы при изменении масштаба меняют свой вид (в частности, населенные пункты). Пример программного кода для пропорционального увеличения или уменьшения карты представлен ниже:

```
function zoomMap():Void {
var regX:Number = this.zoom_mc._xmouse;
var regY:Number = this.zoom_mc._ymouse;
this.zoom_mc._width = initW*current_zoom;
this.zoom_mc._height = initH*current_zoom;
rectX = screenW-this.zoom_mc._width;
rectY = screenH-this.zoom_mc._height;
var sign:Number = (current_zoom>prev_zoom)?-
0.25:0.25;
this.zoom_mc._x +=regX*sign;
this.zoom_mc._y +=regY*sign;
if (this.zoom_mc._x>0) this.zoom_mc._x = 0;
if (this.zoom_mc._y>0) this.zoom_mc._y = 0;
if (this.zoom_mc._x<rectX) this.zoom_mc._x
= rectX;
if (this.zoom_mc._y<rectY) this.zoom_mc._y
= rectY;
}
```

На рис. 1 показан общий вид программного средства на стадии разработки.

Для того чтобы смоделировать загрязнение путем выбросов вредных веществ в атмосферу необходим источник или источники, в нашем случае ими являются промышленные предприятия. Для вызова на карту этих источников на ней есть соответствующая кнопка. Сами предприятия имеют такой же вид, как и кнопка, и при попадании на карту не меняют своего размера в зависимости от масштаба. Точное размещение на карте осуществляется перетаскиванием предприятий при нажатой клавише мыши.

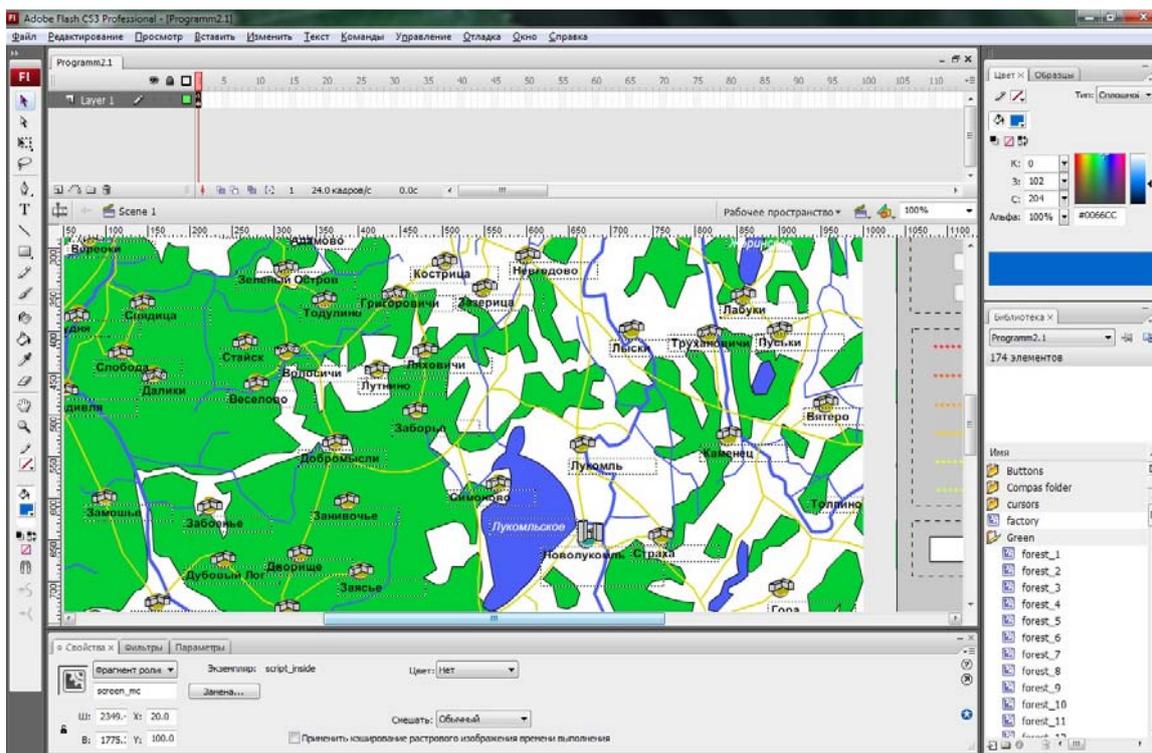


Рис. 1. Общий вид программного средства на стадии разработки

С целью расчета загрязняющих веществ на местности каждое предприятие имеет ряд параметров, таких как температура выброса, его объем и т. д. Для изменения этих параметров для каждого предприятия можно вызвать окно, в котором и выполняются данные изменения. Вызов окна осуществляется кликом по предприятию на карте с нажатой клавишей <Ctrl>.

Для ввода направления ветра в окне программы есть компас, стрелка которого изменяет свое направление при нажатии мыши. В окне над компасом выводится угол отклонения в градусах.

Для расчета загрязнений в каждой точке карты используется функция Crazlik(). Фрагмент программного кода, реализующего эту функцию, представлен ниже:

```
function
Crazlik(xx,yy,d1,d2,grad,Xmu,Cmu) {
var x0,y0;
d1*=64;
d2*=64;
xx*=64;
yy*=64;
if (RB_1.selected==true){
x0=Math.cos(grad)*(xx-
d1)+Math.sin(grad)*(yy-d2);
y0=-Math.sin(grad)*(xx-
d1)+Math.cos(grad)*(yy-d2);}
else{ x0=Math.pow((xx-d1)*(xx-d1)+(yy-
d2)*(yy-d2),1/2);
y0=0;}
if(x0>=0){
xx=x0;
```

```
yy=y0;
var PX=xx/Xmu,S1,S2;
if(PX <= 1) S1 = 3*Math.pow(PX,4) -
8*Math.pow(PX,3)+6*Math.pow(PX,2);
if(PX>1&&PX<=8) S1 =
1.13/(0.13*Math.pow(PX,2)+1);
if(PX>8) S1=PX/(3.56*Math.pow(PX,2) -
35.2*PX+120);
S2=1/((1+8.4*U*Math.pow(yy/xx,2))* (1+
8.2*U*U*Math.pow(yy/xx,4)));
return Cmu * S1 * S2;}
else return 0;}
```

С целью прорисовки линий загрязнений в окне программы имеется кнопка «Построить». При нажатии на нее запускается цикл, который обходит всю карту с небольшим шагом и в каждой точке рассчитывает суммарное загрязнение от всех источников, присутствующих на карте.

Цвет линии зависит от того, в какой диапазон из шести попала данная территория. Значения для каждого диапазона выводятся после каждого построения на динамическую легенду и соответствуют долям ПДК. Результат построения концентрационных полей для рабочего примера представлен на рис. 2.

Кнопка «Заражения» анализирует значения концентраций и раскрашивает соответствующие объекты на карте, которые попадают в опасный диапазон, в красный цвет.

Для комплексной оценки качества в программе есть пункт меню «Комплексная оценка». При выборе меню «Параметры объектов» появляется соответствующее окно.

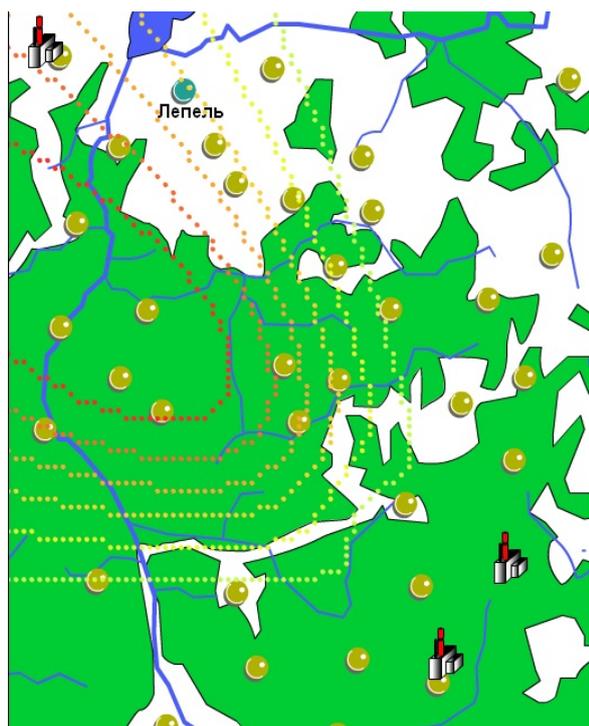


Рис. 2. Пример построения концентрационных полей

Расчет комплексной оценки для каждого объекта выполняют четыре функции `forestk()`, `urbank()`, `groundk()` и `waterk()`. Результат – для каждого объекта вычисляется безразмерная дробь от 0 до 1, характеризующая его качество. Вывод этих данных может осуществляться либо с помощью пункта меню «Комплексная оценка» – «Раскраска объектов», либо просто щелчком мыши по любому объекту, в результате чего значение его качества вместе со значениями его полей будут выведены в верхней части окна программы.

Составление отчета представляет собой заключительную стадию. Для ее осуществления необходимо выбрать пункт меню «Комплексная оценка» – «Создание отчета». После чего вся информация обо всех объектах на карте выводится в текстовое поле, заменяющее собой карту.

Заключение. В статье описано созданное программное средство, представляющее собой геоинформационную систему конкретной местности. Источником загрязнения в данном случае являются промышленные объекты, характеризующиеся определенными параметрами (объем выброса, его температура и т. д.). В свою очередь остальные объекты на виртуальной карте обладают различными атрибутами в зависимости от типа объекта (например, плотность древостоя для лесных массивов, заустаренность для открытых пространств и т. д.). После моделирования текущей ситуации на промышленном объекте составляется карта загрязнений и проводится комплексная оценка всех объектов на карте с учетом фактора загрязнения.

Литература

1. Колесников, В. Л. Компьютерное моделирование и оптимизация химико-технологических систем: учеб. пособие для вузов / В. Л. Колесников, П. П. Урбанович, И. М. Жарский. – Минск: БГТУ, 2004. – 532 с.
2. Колесников, В. Л. Математические основы комплексной оценки качества выпускаемой продукции во взаимосвязи с антропогенным воздействием предприятия на окружающую среду / В. Л. Колесников, А. И. Бракович // Труды БГТУ. – 2011. – № 6: Физ.-мат. науки и информатика. – С. 150–153.
3. Brakovich, A. I. Mathematical bases of a comprehensive assessment of product quality in relation to anthropogenic impacts on the environment / A. I. Brakovich, V. L. Kolesnikov, P. P. Urbanovich // New electrical and electronic technologies and their industrial implementation – NEET' 2011: proc. of the 7-th Intern. conf., Zakopane, Poland; June 28 – July 1, 2011 / ed. T. Koftunowicz. – Lublin, 2011. – P. 148.
4. ОНД 86 – Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 82 с.

Поступила 01.03.2012