

КОМП'ЮТЕРНІ ЗАСОБИ, МЕРЕЖІ ТА СИСТЕМИ

Предложена концепция и технологии синтеза геоинформационной системы моделирования и прогнозирования метеобедствий типа наводнения в случае аномально быстрого таяния снега) или распространения обнаруженных на космоснимках загрязнений в водной среде с учетом сезонных полей течений.

© В.Г. Писаренко, Ю.В. Писаренко, А.Ф. Потапенко, 2002

УДК 581.5:551.446

В.Г. ПИСАРЕНКО, Ю.В. ПИСАРЕНКО, А.Ф. ПОТАПЕНКО

СИНТЕЗ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МЕТЕОБЕДСТВИЙ

Цель данной работы – синтез геоинформационной системы (ГИС) и соответствующего программного обеспечения для решения следующих прикладных задач:

1) обнаружение экологических аномалий на авиаснимках земной поверхности математическими методами распознавания образов (восстановление некоторых параметров ориентиров на местности на основе авиаснимков, вычисление снегозапаса на участке горного рельефа для последующего прогноза наводнения в случае аномально быстрого таяния снега);

2) прогнозное моделирование (с учетом полей течений) распространения загрязнений в водной среде, полученных из космоснимков, с отображением результатов средствами 3D-графики.

Моделирование включает в себя получение оценки ожидаемого экономического ущерба от воздействия конкретного метеобедствия (на основе предварительного формирования ретровыборки с различными реализациями объекта моделирования, выполнением ее статистической обработки, получением информационной модели метеобедствия) [1].

Создание подобных ГИС актуально для прогнозирования и мониторинга чрезвычайных ситуаций в условиях Украины, связанных с риском наводнений в предгорьях Карпат из-за аномально быстрого таяния снегозапаса, а также при распространении загрязнений в водной среде, обнаруженных при использовании авиа- и космоснимков [2-4].

Укрупненная структура создаваемой ГИС «Прогноз развития метеобедствия» (ПроМет) такова: модель баз данных, СУБД, прикладное программное обеспечение, интерфейс пользователя.

Известно, что выбор способа организации данных в ГИС, и, в первую очередь, модели данных (т.е. способа цифрового описания пространственных объектов) имеет огромное значение, поскольку напрямую определяет многие функциональные возможности создаваемой ГИС, а также применимость тех или иных технологий ввода данных. От выбора модели данных зависит как пространственная точность представления графической части информации, так и возможность получения качественного картографического материала и организация контроля карт. От способа организации данных в ГИС в значительной степени зависит также быстродействие системы, например, при выполнении SQL-запроса или визуализации на экране.

Уровни организации данных можно представить и в виде пирамиды, показанной на рис.1. Модель данных, тип модели данных – это концептуальный уровень организации данных. Термины типа «полигон», «линия», «дуга», «идентификатор» и «таблица» относятся к этому уровню, также как и понятия «слой», «тема», «способ индексирования».

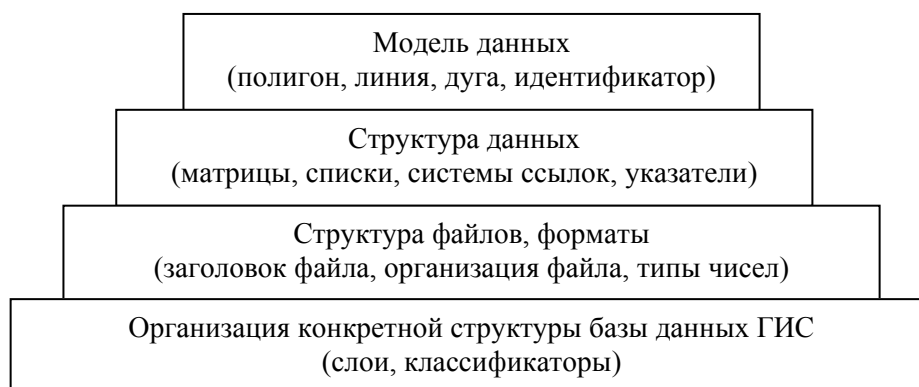


РИС. 1

Более детальный уровень рассмотрения организации данных часто называется структурой данных. Здесь уже фигурируют и математические, и программистские термины, такие как матрицы, списки, системы ссылок, указатели, механизмы сжатия информации.

На следующем по детальности уровне организации данных специалисты имеют дело со структурой файлов данных и их конкретными форматами. Уровень организации конкретной структуры базы данных ГИС уникальный для каждого конкретного проекта [5].

В любой модели, имеющей дело с индивидуализированными объектами, должна быть информация, по крайней мере, трех типов: идентификатор, информация положения, атрибуты.

С индивидуальным объектом всегда связывается индивидуальный идентификатор – например, какой-нибудь формальный номер, присваиваемый объекту в процессе ввода, или его номер по какому-то перечню или кадастру.

Информация положения (локатор) – сведения о положении и форме объекта, отделенные от материалов идентификации (идентификатора).

Вся остальная информация об объекте может рассматриваться как его атрибуты – набор характеристик. Атрибуты можно подразделить на пространственные и непространственные. Пространственные – это, например, периметр и площадь площадного объекта, длина линейного объекта. Непространственные атрибуты могут быть самыми различными – числовыми, текстовыми значениями каких-то величин, описывающих объект.

Например, в данной работе используется цифровая модель карты течений, заданная векторами. Векторы описаны пятью параметрами: идентификационный номер начальной точки (идентификатор); пространственная координата начальной точки по оси Ox (локатор); пространственная координата начальной точки по оси Oy (локатор); проекция вектора на ось Ox (атрибут); проекция вектора на ось Oy (атрибут).

Кроме индивидуальных объектов, можно выделять, комплексные, представляющие объединения (постоянные или временные группировки) элементарных объектов. Если такая группа имеет уникальный идентификатор, то она также может быть рассмотрена как индивидуальный объект.

Типичными формами представления непрерывных свойств объектов в ГИС являются нерегулярная и регулярная сети точек, представление изолиниями [5].

Авторы провели сравнительный анализ более десяти базовых инструментальных средств ряда популярных ГИС. Цель такого анализа – последующий выбор наиболее подходящих в качестве основы для синтеза ГИС «Прогноз развития метеобедствия» (ПроМет). Результаты этого анализа приведены в виде таблицы, в которой три последних колонки занимают лидирующие (из числа проанализированных для наших целей) ГИСы. Приведенная таблица дает мотивировку решения авторов принять программный продукт ARC/INFO 7.2.1 в качестве базового для создаваемой ГИС «ПроМет», куда следует добавить некоторые программные модули GEODRAW for WINDOWS и разработанные авторами программные модули, предназначенные для выполнения следующих функций:

- обнаружение экологических аномалий на авиаснимках земной поверхности математическими методами распознавания образов (восстановление некоторых параметров ориентиров на местности на основе аэроснимков, вычисление снегозапаса на участке горного рельефа);

- прогнозное моделирование (с учетом полей течений) распространения загрязнений в водной среде, полученных по космоснимкам, с отображением результатов средствами 3D-графики;

- математическое моделирование величины риска возникновения природного бедствия типа наводнения в данной местности.

ТАБЛИЦА Основные возможности некоторых ГИС

№ п/п	Опция	ARC/INFO 7.2.1.	ERDAS IMAGINE 8.3.	GEODRAW for WINDOWS
1	Создание и редактирование карт	+	+	+
2	Ввод и преобразование данных	+	+	+
3	Управление картографическими БД	+	+	-
4	Наложение карт	+	+	-
5	Пространственный анализ	+	+	-
6	Адресное геокодирование	+	+	-
7	Моделирование поверхностей и их отображение	+	+	-
8	Построение карт по данным дистанционного зондирования	+	+	+
9	Земельный кадастр	+		-
10	Управление распределением земельных участков	+	-	-
11	Гидрологическое моделирование	+	-	-
12	Работа с сетями типологически связанных объектов	+	-	-
13	Расчет и размещение оптимальных маршрутов	+	-	-
14	Обработка информации, привязанной к местности	+	-	-
15	Мониторинг окружающей среды	+	-	-
16	Прогнозирование месторождений полезных ископаемых	+	-	-
17	Создание эталонов для тематического дешифрирования, их классификация	-	+	-
18	Восстановление по высоте трехмерных векторных объектов на перспективных снимках	-	+	-
19	Перевод карт и планов в цифровую форму	-	-	+
20	Связь пространственных объектов с базами атрибутивных данных	-	-	+

Рассмотрим одну из задач ГИС – вычисление значения паводка реки в условиях стекания в заданную реку воды, выпавшей в виде дождя на горный рельеф, либо образовавшейся в процессе снеготаяния в верховьях горы.

1. Для каждого сектора нужно задать коэффициент впитываемости (β_i) (например, коэффициент впитываемости песка = 1, камня = 0), определяющий, какая часть воды впитается в толщу, а какая часть стечет на нижний сектор.

2. Вычислить площадь (S_i) каждого полученного сектора.

3. Определить для каждого сектора количество воды, оказывающееся на нем за один шаг по времени:

$$m_i = Z \cdot \tau \cdot S_i + (1 - \beta_{i-1}) \cdot Z \cdot \tau \cdot S_{i-1}. \quad (1)$$

То есть за один шаг по времени на i -м секторе будет масса воды, попавшая на этот сектор в результате выпадения дождя (снеготаяния) плюс масса воды, стекшая с верхнего сектора.

Предполагается, что стекшая с одного из участков вода попадает в реку. Если прирост массы воды (например, за один день) будет таким, что повлечет за собой сильный паводок, то река выйдет из берегов, и произойдет затопление прибрежных районов.

Теперь рассчитаем значение паводка реки, в которую стекает с горного рельефа вода.

На рис.2,а изображена река и источник S (снегозапас или дождевая туча), питающий эту реку. Точка O – граница источника воды, точка A – начало населенного пункта. На рис.2,б изображено сечение русла реки в точке контроля A , удаленной на расстояние X_A от нижней конечности зоны источника S . На рис.2 ось Oy совпадает с уровнем ледостава (минимальный уровень реки); b – ширина реки при минимальном уровне воды. Левый берег можно примерно описать функцией $h_l(y) = K_l \cdot y - K_l \cdot b$, а правый – функцией $h_n(y) = -K_n \cdot y$, где K_n и K_l – соответствующие тангенсы углов наклона α и β берегов реки.

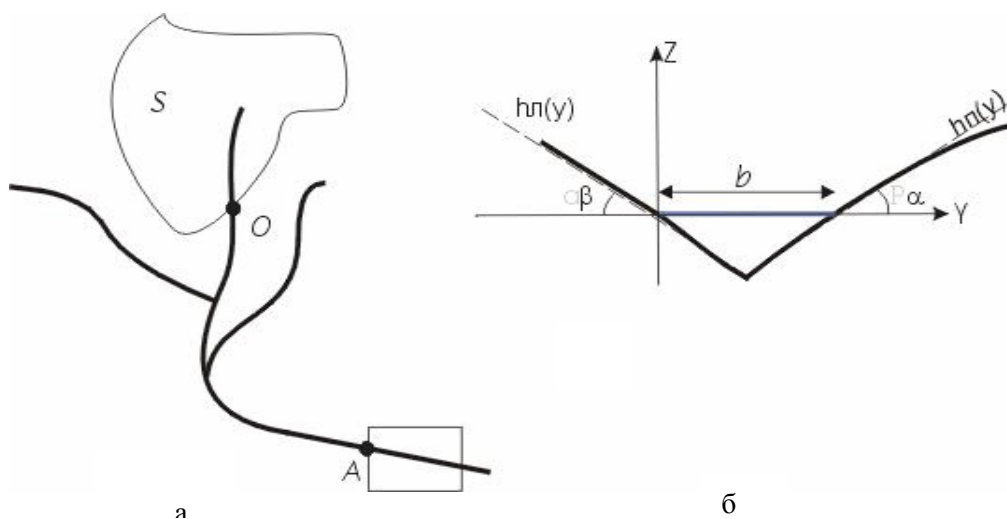


РИС. 2

Если скорость течения V_A течения известна для точки A (пусть она $\approx \text{const}$ во времени), то можно вычислить значение паводка реки при известном приросте массы воды за интервал времени, поступающей в реку, из следующего уравнения:

$$\frac{1}{V_A \cdot \rho_{\text{воды}}} \cdot \frac{dM \left(t - \frac{x_A}{V_A} \right)}{dt} = bz + \int_{y_n(z)}^0 [z - h_n(y)] dy + \int_b^{y_n(z)} [z - h_n(y)] dy, \quad (2)$$

где $y_n(z)$ – решение уравнения $h_n(y) = z$:

$$-K_n \cdot y = z \Rightarrow y_n(z) = -z/K_n;$$

$y_n(z)$ – решение уравнения $h_n(y) = z$:

$$K_n \cdot y - K_n \cdot b = z \Rightarrow y_n(z) = b + z/K_n.$$

Таким образом, пользуясь формулой (2), можно вычислить уровень паводка z реки для известного прироста массы воды за заданное время и скорости течения в точке A . Пусть z будет таким, что река выйдет из берегов, а по карте рельефа нетрудно определить затопленные территории и вычислить экономический ущерб от наводнения.

Приведем фрагмент авторской программы, написанной в среде Delphi 5.

```
//карта местности в виде изолиний хранится в таблице
//расчет объема рельефа+снег
for i:=0 to col do
begin
for I:=0 to row do
begin
R1s[j,i]:=abs(((sn[Nm1s[j,i],4]-sn[Nm1s[j,i],2])*nets[j,i,0]+(sn[Nm1s[j,i],1]-
sn[Nm1s[j,i],3])*nets[j,i,1]+sn[Nm1s[j,i],2]*sn[Nm1s[j,i],3]-
sn[Nm1s[j,i],1]*sn[Nm1s[j,i],4])/sqrt(sqr(sn[Nm1s[j,i],4]-
sn[Nm1s[j,i],2])+sqr(sn[Nm1s[j,i],1]- sn[Nm1s[j,i],3]))));
R2s[j,i]:=abs(((sn[Nm2s[j,i],4]-sn[Nm2s[j,i],2])*nets[j,i,0]+(sn[Nm2s[j,i],1]-
sn[Nm2s[j,i],3])*nets[j,i,1]+sn[Nm2s[j,i],2]*sn[Nm2s[j,i],3]-
sn[Nm2s[j,i],1]*sn[Nm2s[j,i],4])/sqrt(sqr(sn[Nm2s[j,i],4]-
sn[Nm2s[j,i],2])+sqr(sn[Nm2s[j,i],1]- sn[Nm2s[j,i],3]))));
H1s[j,i]:=sn[Nm1s[j,i],5]; H2s[j,i]:=sn[Nm2s[j,i],5];
nets[j,i,2]:=round((H1s[j,i]+H2s[j,i])/2+((R1s[j,i]-
R2s[j,i])/(R1s[j,i]+R2s[j,i]))*((H2s[j,i]-H1s[j,i])/2));
end;
end;
for j:=0 to col do
begin
for i:=0 to row do
begin
if (net[j+1,i+1,2]-net[j,i,2])=0 then net[j+1,i+1,2]:=net[j+1,i+1,2]+2;
```

```

Vr[j,i]:=abs((sqr(GridStep)*(3*(net[j+1,i+1,2]-net[j,i,2])*(net[j,i+1,2]-net[j,i,2])-
sqr(net[j,i+1,2]-net[j,i,2])+sqr(net[j+1,i+1,2]-net[j,i+1,2]))))/abs(6*(net[j+1,i+1,2]-
et[j,i,2])));
Vl[j,i]:=abs((sqr(GridStep)*(3*(net[j+1,i+1,2]-net[j,i,2])*(net[j+1,i,2]-net[j,i,2])-
sqr(net[j+1,i,2]-net[j,i,2])+sqr(net[j+1,i+1,2]-net[j+1,i,2]))))/abs(6*(net[j+1,i+1,2]-
net[j,i,2])));
Vq[j,i]:=Vr[j,i]+Vl[j,i]; Vsnow:=Vsnow+Vq[j,i];
end;
end.

```

На рис.3 показана экранная форма расчета стекания воды вдоль рельефа. Вода с ближайшего к реке сектора стекает в реку и приводит к повышению в ней уровня воды, что может стать причиной затопления берегов при сильном снеготаянии или выпадении большого количества осадков.

Экранная форма для вычисления паводка реки показана на рис.4, а, на рис.4, б – форма вычисления количества воды в секторах в каждый момент времени.

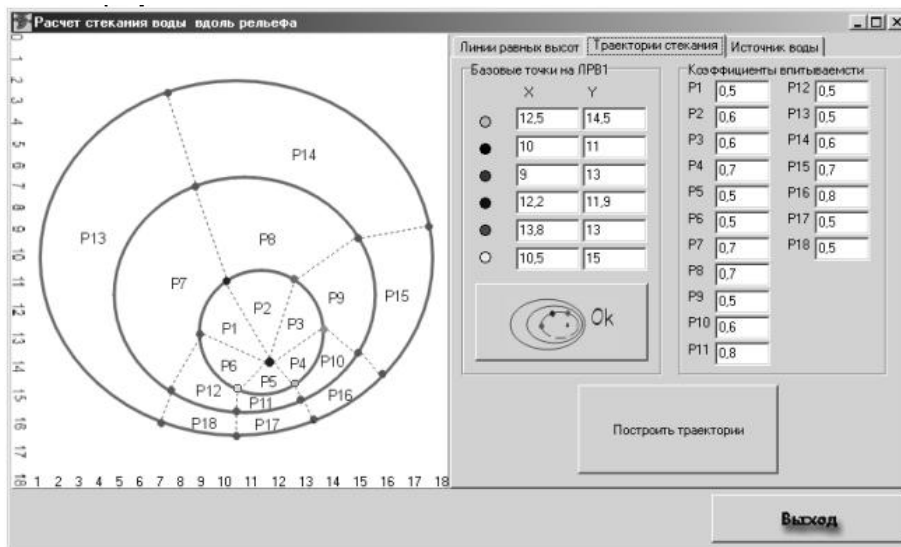


РИС. 3

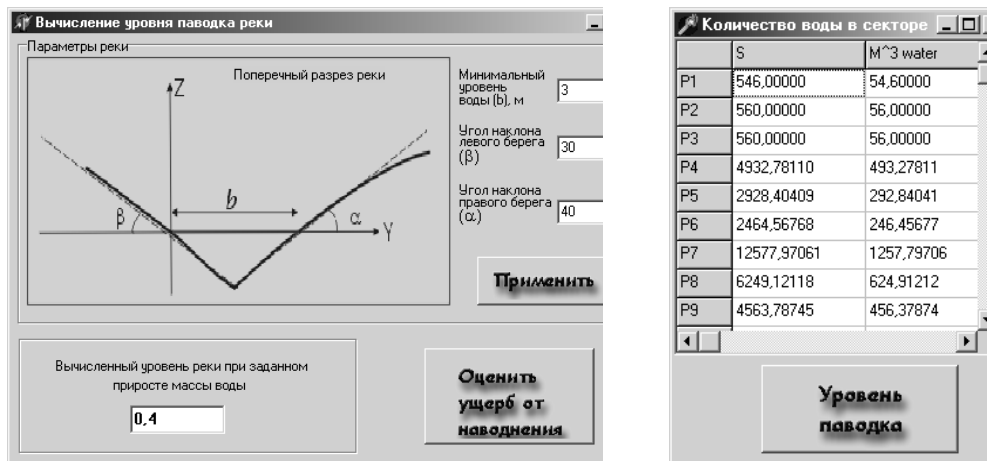


Рис. 4

а

б

1. Писаренко В.Г., Клименко В.А., Дацюк О.А., Крячок А.С. Математическое моделирование миграции мутагенов в окружающей среде и оценка экогенетического риска в условиях неполноты данных мониторинга // Мониторинг та прогнозування генетичного ризику на Україні. – 1999. – Вип.2. – С.137-140.
2. Блатов А.С., Иванов В.А. Гидрология и гидродинамика шельфовой зоны Чёрного моря.– Киев: Наук. думка, 1992. – 243 с.
3. Писаренко Г.С., Ильичев В.И., Писаренко В.Г., Лобанов В.Б., Писаренко Ю.В. Дистанционный спутниковый мониторинг и расчёт трёхмерных ветровых течений в морских акваториях в связи с задачей прогнозирования переноса загрязнения // Математическое моделирование для поддержки ключевых технологий XXI века. – Киев: Кий, 2000. – С. 14-20.
4. Гинзбург Л.И., Костяной А.Г., Островский А.Г. Поверхностная циркуляция Японского моря (спутниковая информация и данные дрейфующих буев) // Исследование Земли из космоса. – 1998. – №1. – С. 66-75.
5. Юрчишин В.М., Шекета В.І. Проблеми впровадження експертних систем в нафтогазовидобувній промисловості // Комп'ютери у Європі. Минуте, сучасне й майбутнє. – К., 1998. – С. 367-372.

Получено 01.07.2002