

УДК 681.51

В. Б. Мокін, д. т. н., проф. ;
Є. М. Крижановський, асп.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ РЕЗУЛЬТАТІВ МОДЕЛЮВАННЯ ПРИРОДНИХ ПРОЦЕСІВ У ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

Розглянуто проблему інтеграції математичних обчислювальних пакетів з геоінформаційними системами. Розроблено теоретичні та практичні основи методу автоматизації візуалізації результатів моделювання природних процесів у геоінформаційних системах. Створено спеціалізоване програмне забезпечення для роботи з геоінформаційними системами у форматі ГІС «Панорама 9» та з математичним обчислювальним пакетом програм MS Excel.

1. Постановка задачі

Загально відомо, що сучасний рівень досягнень теорії математичного моделювання, математичної фізики та теорії автоматичного управління в реальних природних системах є таким значним, що дає можливість моделювати та прогнозувати практично будь-які процеси у них. У той же час, світовий та вітчизняний досвід довів, що найкращим способом представлення вхідних даних та виведення результатів моделювання стану природних систем є використання геоінформаційних моделей (ГІС-моделей) та геоінформаційних систем (ГІС) [1, 2].

Сучасні ГІС містять велику кількість реальних даних про стан довкілля, виконуючи лише функцію накопичення та візуалізації даних без будь-якої їх обробки, реалізуючи математичні можливості шляхом розробки додаткових програмних модулів. У той же час, лише досить мала кількість математичних моделей інтегрується і з цими ГІС. Таким чином, актуальною є задача розробки методів, котрі будуть забезпечувати автоматизовану інтеграцію математичного апарату з геоінформаційними системами. Одним з таких методів є метод автоматизації візуалізації результатів моделювання природних процесів у геоінформаційних системах.

2. Сутність методу

Під візуалізацією результатів моделювання мається на увазі автоматизоване генерування просторових та атрибутивних даних ГІС за результатами моделювання, забезпечуючи можливість застосування до них можливостей ГІС-технологій. Сутність методу автоматизації візуалізації результатів моделювання природних процесів у геоінформаційних системах полягає у використанні математичних пакетів прикладних програм для формалізації моделей та розробці теоретичних основ, алгоритмів та програм для налагодження взаємозв'язку між математичними пакетами і ГІС та для автоматизації перенесення інформації з цих пакетів до ГІС. Просторові дані — це об'єкти моделювання, які відображаються спеціальними умовними позначеннями на карті ГІС, а атрибутивні дані — це різні характеристики об'єкти моделювання, які є або вхідними даними, або результатом розрахунків за математичними моделями.

Таким чином, реалізація методу здійснюється шляхом налагодження взаємодії таких інформаційних складових:

— Excel-додаток, призначений для формалізації моделі та проведення розрахунків, а також для формування обмінного файлу.

— Обмінний файл, що містить вихідні дані, отримані в результаті моделювання (просторові та атрибутивні).

— Карта геоінформаційної системи, на якій і буде проводитися візуалізація результатів моделювання.

— База даних, з якої проводиться вибірка параметрів об'єктів моделювання для використання в процесі обчислень.

— Програма, яка зчитує дані з обмінного файлу та здійснює автоматизоване генерування просторових та атрибутивних даних ГІС за результатами моделювання.
 Схема взаємодії цих складових наведена на рис. 1.

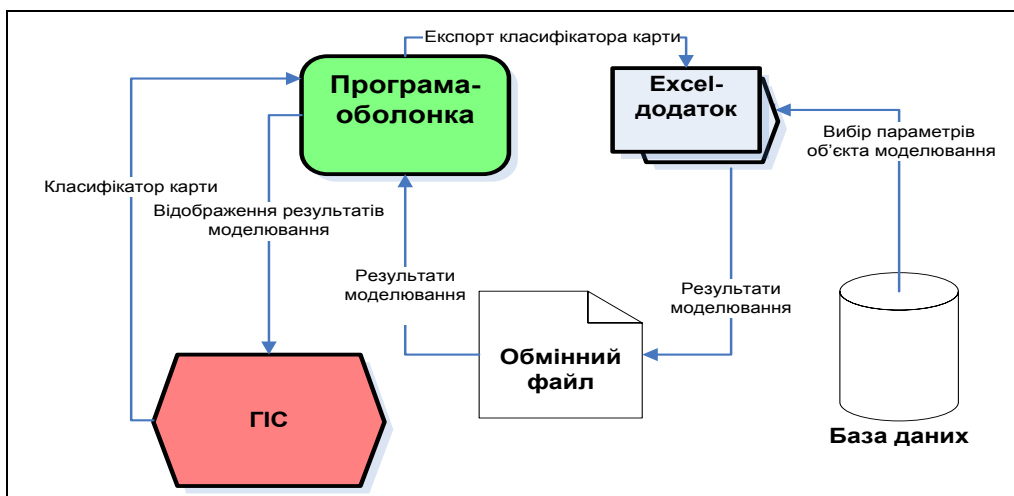


Рис. 1. Схема взаємодії інформаційних складових

Відомо, що кожна математична модель, наприклад диференціальне рівняння, повинна мати власне рівняння та початкові (чи граничні) умови. Для її застосування на практиці знаходять розв'язок рівнянь моделі, тобто отримують математичний вираз для його обчислення, а також задаються певними числовими значеннями параметрів моделі, кроками та інтервалами розрахунку. Для забезпечення можливості використання ГІС-технологій необхідно ще й вказати такі характеристики та дані:

- просторовий об'єкт, для якого проводиться моделювання;
- обмеження для просторового об'єкта, який відповідатиме даній моделі.

Для забезпечення автоматизації обробки цих характеристик використовується спеціально створена програма-оболонка. Передусім, у ній вказується карта ГІС, з якою ведеться робота. Програма автоматично визначає класифікатор (файл ресурсів) карти, який містить опис множини усіх можливих просторових об'єктів та їх атрибутивних характеристик, які можуть бути на заданій ГІС [3]. Далі ця програма проводить імпорт параметрів та змісту класифікатору до спеціалізованого файлу MS Excel, який є надбудовою і який забезпечує автоматизовану формалізацію, введення та збирання усіх даних.

Спеціалізований Excel-додаток має такі розділи:

- список усіх просторових об'єктів, імпортований із класифікатору карти ГІС, на якій автоматизовано буде здійснюватись відображення результатів моделювання;
- розділ обмежень для просторового об'єкта;
- розділ формалізації моделі та безпосереднього розрахунку за нею (рис. 2).

№ мо-делі	Параметри моделі				Вхідні змінні				
	позначення	назва	розмірність	значення	позначення	назва	розмірність	значення	
1	k1	Коефіцієнт	1/км	0,5	x0	Початкова концентрація	мг/л	10	
Вхідні змінні			Час	Координати точки розрахунку			Об'єкт		
позначення	назва	значення	t	L	X	Y	код в класифікаторі	тип	точка відліку
у	Концентрація у точці	6,065	1				94100000	точковий	
		3,679	2						
		2,231	3						
		1,353	4						
		0,821	5						
		0,498	6						
		0,302	7						
		0,183	8						
		0,111	9						
		0,067	10						

Рис. 2. Приклад формалізації моделі та безпосереднього розрахунку за нею в Excel-додатку

У розділі обмежень у формалізованому вигляді описуються усі вимоги до об'єкта, виконання яких забезпечує коректність результатів моделі. При цьому варто використовувати такі характеристики:

— просторові відношення між об'єктами з використанням типових операцій із множинами: (\cap , \cup , \supset , \supseteq , $\not\subset$, \subseteq , \in , \notin та ін.), тобто відношення між множинами координат відповідних об'єктів, наприклад, обробка лише таких створів моніторингу, координати яких співпадають із координатами річок на карті;

— просторові функції (їх множина є фіксованою, але допускається введення спів-відношень на їх основі, наприклад обмеження на звивистість річки у вигляді $L_f/L_p \leq 2$):

— для точкових: висота H (над рівнем моря),

— для лінійних: середня висота H (над рівнем моря), висота початку лінії H_1 (над рівнем моря), висота кінця лінії H_2 (над рівнем моря), довжина L_f уздовж лінії, довжина по прямій L_p між початком та кінцем лінії;

— для площинних: середня висота H (над рівнем моря), середня висота точок периметру H_p (над рівнем моря), довжина периметру L ; площа S ;

— обмеження на значення атрибутивних параметрів із зовнішньої бази даних, наприклад СУБД MS Access.

Якщо об'єкт моделювання із заданими характеристиками відсутній у класифікаторі ГІС, його можна створити та додати до цього класифікатору відповідними засобами програми-оболонки, які мають інтуїтивний інтерфейс. Після чого його можна нанести на карту ГІС, використовуючи інструменти для редагування програми-оболонки.

3. Практична реалізація методу

Даний метод був апробований для автоматизації візуалізації результатів моделювання з математичного обчислювального пакету MS Excel у геоінформаційних системах у форматі ГІС «Панорама 9» («Карта 2005») (КБ «Панорама», РФ, <http://www.gisinfo.ru>).

Розроблено спеціалізований Excel-додаток для формалізації та безпосередньої реалізації моделі, котрий також формує обмінний файл для передачі результатів моделювання до геоінформаційної програми-оболонки. Також розроблено програму-оболонку, яка забезпечує візуалізацію результатів моделювання на довільній карті у форматі ГІС «Панорама» для вибраного об'єкта за даними з обмінного файлу і має зручний та зрозумілий інтерфейс користувача (рис. 3).

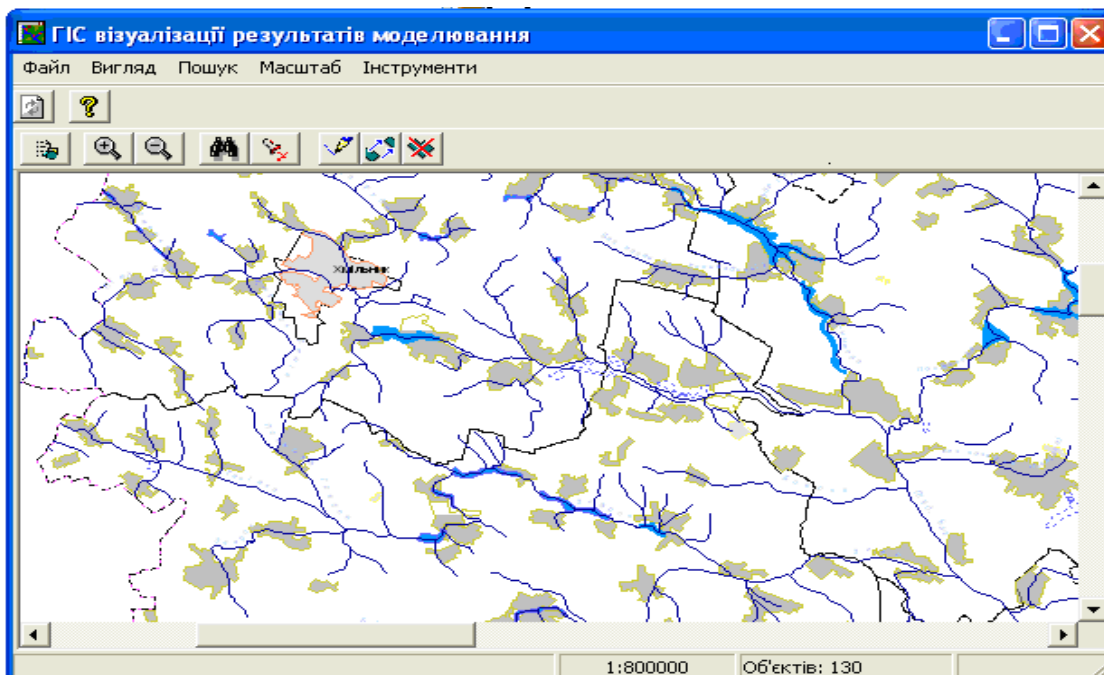


Рис. 3. Інтерфейс програми оболонки для візуалізації результатів моделювання на ГІС

Для апробації розробленого програмного забезпечення проведено реалізацію простої експоненційної моделі поширення забруднення у просторі для лінійних об'єктів (річок) уздовж усередненої течії водотоку та динаміки зміни концентрації забруднювача в часі за цією ж моделлю для точкових об'єктів (створів спостереження) з подальшою візуалізацією результатів моделювання на карті ГІС Вінницької області (рис. 4).



Рис. 4. Результати автоматизації візуалізації результатів Excel-моделювання на ГІС для лінійних та точкових об'єктів

4. Висновки

Розроблено теоретичні та практичні основи методу автоматизації візуалізації у геоінформаційних системах результатів моделювання природних процесів у спеціалізованих математичних пакетах програм. Створено спеціалізоване програмне забезпечення для роботи з ГІС у форматі «Панорама 9» та з математичним обчислювальним пакетом програм MS Excel.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Zeiler M. Modeling our World / M. Zeiler. — ESRI: Redlands, USA, 1999. — 2002 p.
2. Мокін В. Б. Комп'ютеризовані регіональні системи державного моніторингу поверхневих вод: моделі алгоритми програми: [монографія] / В. Б. Мокін, М. П. Боцула [та ін.]; за ред. В. Б. Мокіна. — Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2005. — 315 с.
3. Геоинформационная система «КАРТА 2005» («Панорама 9.x» 1991—2006): [руководство пользователя] («Mapguide»). — РФ, Ногинск: КБ Панорама, 2006. — 134 с.

Рекомендована кафедрою автоматики та інформаційно-виміральної техніки

Надійшла до редакції 21.10.08
Рекомендована до друку 20.11.08

Мокін Віталій Борисович — завідувач кафедри, **Крижановський Євгеній Миколайович** — аспірант.
Кафедра моделювання та моніторингу складних систем, Вінницький національний технічний університет