

УДК 656:528.9

Шевченко Р. Ю.

ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

У статті досліджено проблему якості інфраструктури геопросторових даних геоінформаційних систем. Якість даних постає важливою й актуальною у сфері моделювання завдань, пов'язаних з екологічною безпекою. Висвітлено алгоритм виявлення неякісних баз даних тематичних шарів геоінформаційних моделей. Розроблено математичний апарат і метод ітерацій у визначенні критеріїв якості геопросторових даних спеціалізованих ГІС. Подано рекомендації щодо поліпшення та підвищення якості базового інформативного матеріалу для проектування оперативних екогеоінформативних систем. Вказано напрямки щодо стандартизації графічних візуалізацій та уніфікації зображувальних засобів. Проаналізовано якості базових основ функціонування геоінформаційних систем. Сформульовано висновки щодо загального оцінювання якості даних атрибутивних кластерів природно-техногенної ГІС: математичної основи, графічно-знакової системи, логічних зв'язків тощо, тобто те, що виводить відповідну продукцію на якісний рівень використання в системі екологічного моніторингу.

Ключові слова: *якість геоінформаційної моделі, критерії якості модулів системи, ітераційна система оцінювання, аналізування якості, стандартизація та уніфікація.*

Постановка проблеми в загальному вигляді. Оцінювання якості геоінформаційних систем (далі – ГІС) такого спеціального призначення, як аналізування екологічної безпеки, ґрунтується на їх глибокому вивченні та всебічному аналізуванні. З огляду на це встановлюють коло споживачів ГІС, комплекс завдань, для вирішення яких її призначено, й на цій основі формують вимоги до ГІС, і на що впливають значення критеріїв якості, що визначають загальну надійність [1].

Наразі проблема якості інформаційних систем в умовах економічної кризи та напруженої міжнародної обстановки навколо нашої країни набуває нечуваної актуальності. Геоінформаційні системи екологічної безпеки потребують стандартизації, сертифікації та оцінювання якості баз інфраструктури геопросторових даних. У системі екологічного моніторингу та природно-техногенної безпеки це надзвичайно наукомістка технологічна проблема, яка є центральною в оперативному й тактичному вирішенні нагальних проблем національної безпеки взагалі та безпеки життєдіяльності суспільства зокрема.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналізування якості ГІС після загального ознайомлення з нею починається з математичних елементів: проекції, масштабу й компонування. Їх вплив, особливо масштабу, на утримання, повноту, детальність і точність, а також на способи зображення висвітлено в таких наукових працях: професора О. О. Светличного (Загальна теорія формування якісних даних програмних продуктів) [6], професора Ю. Б. Баранова (Статика даних ГІС), академіка А. М. Берлянта (Оцінювання точності геоінформаційних моделей), професорів Е. Г. Капралова та А. В. Кошкарева (Стандартизація семантики ГІС) [1].

Не вирішеним є формулювання наукового алгоритму проведення аудиту якості баз даних екологічних ГІС.

Мета статті. Розробити ітераційний алгоритм визначення якості баз даних, що складається з послідовних наукових завдань:

– визначити елементи ГІС, що підлягають аудиту якості;

- сформулювати прийоми аналізування якості атрибутивних баз даних;
- обґрунтувати якість тематичного змісту баз даних екологічних ГІС;
- висвітлити етапи реалізації алгоритму оцінювання якості геоінформаційних моделей;
- розробити аналітичний апарат розрахунку якості математичної й тематичної основи ГІС;
- провести аналізування якості повноти змісту, його наповнення та стандартизації прийомів акумуляції.

Виклад основного матеріалу. Відомості про призначення ГІС можна взяти з її програми або інструкції з проектування, якщо ці документи доступні. Іноді призначення ГІС обумовлено її спеціалізацією, наприклад «Природно-техногенна безпека», «Геопортал території підприємства» тощо. Однак у багатьох випадках призначення доводиться встановлювати, зважаючи на зміст цифрових карт ГІС та інших модулів [2].

Аналізування якості дає можливість встановити елементи змісту, оцінити наукову обґрунтованість і логічну структурованість та системний рівень класифікацій, доцільність використаних способів зображення. Аналізування якості даних дає змогу сформулювати технічний висновок про низку принципово важливих особливостей ГІС та оцінити ступінь їх відповідності вимогам, сформульованим її спеціалізацією.

Слідом за вивченням якості легенди вивчають математичну основу ГІС, спочатку за окремими її елементами (гідрографія, рельєф, населені пункти тощо або геопросторова основа, а потім елементи тематичного змісту). Це поглиблює уявлення про зміст ГІС і полегшує її подальше, комплексне використання за окремими ділянками. У процесі аналізування якості ГІС з'ясовують зв'язки, взаємну узгодженість і «частку» всіх елементів, так само як обсяг і повноту відомостей. На цій стадії також виконують оцінювання якості оформлення, яке не може ґрунтуватися тільки на загальному оцінюванні якості візуалізації графіки. Головна мета оцінювання якості графіки ГІС – з'ясувати, наскільки чітко, виразно й технологічно розкрито зміст геопросторової моделі екологічної безпеки [7].

Аудит якості геометричної точності за масштабом і за типом ГІС, генералізації за взаємної узгодженості різних елементів змісту, про сучасність за часом проектування ГІС недостатні для остаточних висновків про надійність ГІС. Для цього слугують різні дані. Найпростіше скористатися інструкціями й нормативами, використаними під час проектування ГІС, або звернутися до її програми, формуляра й джерел, але вони доступні в рідких випадках.

Найпоширеніший прийом аналізування якості – порівняння досліджуваної ГІС з іншими аналогами. Це можуть бути:

а) ГІС на тій само території й тієї самої тематики, що використовують переважно для з'ясування точності й ступеня генералізації;

б) спеціальні ГІС-геопортали тієї самої тематики й близьких масштабів на інші території, аналогічні в географічному відношенні, для аналізування повноти змісту й якості генералізації;

в) ГІС іншої тематики для порівняння з загальними елементами змісту;

г) новітні android-ГІС, особливо для перевіряння сучасності тощо.

Заради економії часу порівняльне аналізування якості проводять вибірково за ділянками, найбільш характерними, забезпеченими допоміжними даними рекогносцюванням. Використання космічних знімків, які є тематичною базою даних ГІС екологічної безпеки, знімає це обмеження [5].

Під час аналізування якості ГІС залучають також текстові джерела, наприклад адміністративні довідники й матеріали технічних альманахів з безпеки для перевіряння на геоінформаційних моделях природно-техногенної небезпеки й загальної екологічної ситуації. Текстові дані набувають особливого значення під час оцінювання якості ГІС, який складають за матеріалами екологічного моніторингу природно-техногенної безпеки проблемних територій. Під час аналізування якості ГІС, використовуваних для всіляких розрахунків,

зростає значення кількісних оцінок за основними критеріями надійності і в зв'язку з цим необхідно контрольне визначення похибок, які виявляють в разі багаторазового вибіркового перевіряння аналізованої ГІС [4].

Аналізування якості полегшується й стає обґрунтованішим під час рекогносрування (ознайомлення) з місцевістю показаної на геоінформаційної моделі території, з аспектами й об'єктами природно-техногенної безпеки. Щоб оцінити якість геоінформаційного відображення дійсності, треба мати правильне уявлення про неї. Важливо знати геопросторові характеристики території, щоб краще зрозуміти особливості цієї ГІС і вибрати відповідні геоінформаційні моделі для порівняння.

На заключній стадії аналізування якості треба приділяти увагу додатковим даним шарів ГІС, що пояснюють або доповнюють власне геоінформаційне зображення, а також допоміжного оснащення, що полегшує роботу з ГІС.

Аналізування якості дає можливість вивчити тематичний зміст баз даних ГІС, побачити її дійсні переваги й недоліки, та визначити, наскільки повно задовольняють вони поставлені вимоги моніторингу екологічної безпеки. Далі залишається зробити загальний підсумок – дати коротке, недвозначне формулювання кінцевих висновків. Його треба подавати у вигляді якоїсь алгебраїчної суми позитивних і негативних значень SWOT-аналізування.

Алгоритм аналізування якості геоінформації полягає в різнобічному дослідженні їх особливостей і властивостей, що обумовлюють якість та придатність ефективно задовольняти потреби, які встановлюють відповідно до призначення ГІС.

Для оцінювання якості технічних виробів в ISO 8000 «Якість даних» широко використовують узагальнювальне поняття «надійність виробів» [3]. Це здатність їх безвідмовно виконувати задані функції в певних умовах у режимі перманентної роботи, з необхідною точністю й протягом установленого терміну дій. Стосовно ГІС на надійність у такому її розумінні впливає повнота, достовірність, точність і сучасність геоданих. Це тлумачення охоплює не повністю уявлення про ефективність, яка передбачає понад надійне оптимально-технічне використання ГІС з найменшими витратами праці, коштів і часу. Найякісніші бази даних ГІС у геопорталів – геоінформаційних ресурсів Інтернету, під'єднаних до сервісів Google Earth та Google Map, де інформація оперативно оновлюється за даними космічного знімання – найякіснішого геоматеріалу-основи ГІС з екологічної безпеки.

Аналізування й оцінювання якості ГІС необхідні під час проектування й створення нових геоінформаційних моделей як засобів дослідження споживачам-науковцям, вирішення конкретних практичних завдань екологічної безпеки як прогнозування надзвичайних ситуацій.

Збирання, аналізування та оцінювання джерел утворюють один з відповідальних етапів формування будь-якої якісної бази даних ГІС. Повнота, достовірність, точність та актуальність вихідних даних багато в чому зумовлюють надійність ГІС, а зручність її використання позначається на витратах. Важливо не тільки підібрати джерела, а й зробити аналізування їх якості, зіставлення, оцінити в кінцевому підсумку та вибрати серед них найкращі.

Аналізування й оцінювання якості геоданих ГІС виявляються необхідними також під час розроблення програми наукового дослідження екологічної безпеки, зокрема природно-техногенних ризиків промислових об'єктів. У цьому разі основою для вивчення якості залучають спеціалізовані опції ГІС тієї самої теми або того самого типу. Уникнути недоліків наявних ГІС та врахувати їхні позитивні сторони – практична мета наукового дослідження. До аналізування джерел доводиться вдаватися і в процесі безпосереднього проектування ГІС, наприклад під час вирішення питань про ув'язки та погодження різних джерел між собою. Нарешті, аналізуванню та оцінюванню піддають закінчений проектний макет ГІС, щоб перевірити, наскільки ГІС відповідає своїм цільовим призначенням і як здійснено в ній програмні установки й налаштування.

Відносно геопорталів аналізування й оцінювання якості геоданих обов'язкові: в разі складання рецензій, так званих критичних відгуків, вказують наукову та ресурсну доброякісність ГІС і її практичне значення через апробацію якості даних. Рекомендуючи або вибираючи бази геоданих ГІС, що залучають для вирішення конкретних наукових або практичних завдань екології й екологічної безпеки, це зазначають у відповідному сертифікаті якості.

Отже, аналізування та оцінювання якості баз даних ГІС можуть мати різну мету. Саме з огляду на мету дослідження встановлюють ті елементи й особливості ГІС, які потребують найбільшої уваги, та визначають критерії для оцінювання переваг. Найбільш різнобічне аналізування, яке встановлює відповідність опцій ГІС її цільовим призначенням, тобто виявляє придатність ГІС для певного кола споживачів та ефективного вирішення певних завдань: наукових, технічних, навчальних тощо. У цьому разі досліджують всі згадані вище елементи й властивості, враховуючи водночас, що їх значення на різних оверлейнах ГІС неоднакові. Наприклад, геометрична точність – один з найважливіших показників якості ГІС, широко використовуваних для вимірювань, – втрачає своє значення на демо-версіях (рекламних копіях).

Треба наголосити, що залежно від мети аналізування одна й та сама база даних ГІС може отримувати різні оцінки. Наприклад, висновки, зроблені під час аналізування якості метаданих як джерела для складання іншої бази даних, можуть відрізнитися від тих, які отримано під час оцінювання модулів ГІС з точки зору її первісного цільового призначення. Скажімо, точність конкретної геоінформаційної моделі масштабу 1:100 000, що не задовольняє встановлені для цього масштабу норми, може виявитися цілком прийнятною під час використання цієї моделі як джерела для складання моделі масштабу 1:500 000.

На наступних етапах реалізації алгоритму оцінки якості геоінформаційних моделей екологічної безпеки розглядають особливості аналізування та критерії оцінювання окремих елементів і властивостей геоданих переважно щодо геопросторових сюжетів. Ці елементи й властивості перебувають між собою в тісному зв'язку: їхнє питома аналізування має в основному методичний сенс. Зручно спочатку досліджувати якість окремих опцій ГІС, не втрачаючи зрозуміло аналізування точності технологічних зв'язків, і вже потім дійти кінцевих висновків, ніби підбиваючи загальний підсумок.

Аналізуючи якості математичної основи ГІС: її масштабу, проекції та координатних сіток, компонування й системи разграфлювання (а для екологічних моделей також системи координат та геодезичної опори), особливо важливо встановити доцільність прийнятого масштабу. Для цього треба з'ясувати, наскільки цей масштаб задовольняє вимоги, що впливають з призначення ГІС, щодо її точності, повноти й наповнення змісту, а також масштабованості геопросторового зображення.

Звернемося до зв'язку між масштабом та можливою точністю визначення в ГІС координат і відстаней. Точність геоінформаційних моделей ГІС обумовленанормативними документами [2], згідно з якими середні помилки 2-D-положення предметів і твердих контурів щодо найближчих опорних пунктів не повинні перевищувати 0,5 мм, а в гірських та пустельних районах – 0,75 мм, причому як граничні помилки беруть подвоєні значення середніх. Це означає, що середні помилки m_k і m_d в координатах окремих точок та відстанях між ними, визначених у ГІС, для рівнинних територій дорівнюватимуть:

$$m_k = \pm 0,5 * N (mm) = \pm 0,0005 * N (m) , \quad (1)$$

$$m_d = \pm 0,5 \sqrt{2N} (mm) \pm 0,7N (mm) = \pm 0.0007N , \quad (2)$$

$$\text{звідки } N = 2000 m_k, m = 1420 m_d (m) , \quad (3)$$

де N – знаменник числового масштабу (теоретично величина помилки не залежить від довжини вимірюваного відрізка, але в разі використання цифровою опцією вимірювання відстаней «Лінійка» фактична помилка може зростати зі збільшенням вимірюваних довжин внаслідок піксельної деформації дисплейного зображення.). Формула (3) дає змогу знаходити найменший масштаб, що забезпечує необхідну точність. Наприклад, якщо середня помилка у визначенні координат твердих контурів не повинна перевищувати ± 100 м, то $N = 200\ 000$. Отже, масштаб 1: 200 000 (і більше) задовольняє поставлену умову.

Встановимо тепер зв'язок між масштабом і точністю визначення за допомогою нього площ, це часто обумовлюється середньою відносною помилкою вимірювання площі m_p , вираженою у відсотках:

$$m_{p\%} = 100 \frac{m_p}{P} \quad (4)$$

Вимірювання площі p близьке до вимірювання площі квадрата, середня помилка в положенні сторони квадрата відповідає середній помилці m_k в положенні твердих контурів. Тоді вираз перетворюється так:

$$m_p = 2m_k \sqrt{P} \quad (5)$$

$$m_{p\%} = 100 \frac{2m_k}{\sqrt{P}} \quad (6)$$

Величини $m_{p\%}$, обчислені для ділянок різної площі за $m_k = \pm 0,5$ мм = $\pm 0,05$ см, показано в таблиці 1. Оскільки

$$p(\text{см})^2 = \frac{10^{10} P(\text{км})^2}{N^2} = \frac{10^8 P(\text{га})}{N^2} \quad (7)$$

P – площа на місцевості, формула (6) матиме вигляд:

$$m_{p\%} = 100 \frac{2m_k(\text{см})N}{10^5 \sqrt{P(\text{км})^2}} = 100 \frac{2m_k(\text{см})N}{10^4 \sqrt{P(\text{га})}} \quad (8)$$

звідки

$$N = \frac{500m_{p\%} \sqrt{p(\text{км})^2}}{m_k(\text{см})} = \frac{50m_{p\%} \sqrt{p(\text{га})}}{m_k(\text{см})} \quad (9)$$

Таблиця 1

Середні відносні похибки визначення площі (%)	
Ділянка p на геоінформаційній моделі, см^2	$m_{p\%} = 100 \frac{2m_k(\text{см})}{10^5 \sqrt{P(\text{см})^2}}$
1	10
5	4,5
25	2
100	1

Наприклад, якщо необхідно вимірювати площі 25 км^2 і більше з середньою помилкою, що не перевищує 2 %, то N дорівнюватиме 100 000. Для цієї точності придатні моделі

масштабу 1: 100 000 і крупніше. При цьому не враховують помилок вимірювання площі, оскільки в разі використовуваних у сучасній геоінформатиці способів вони приблизно на порядок менші власних помилок. Зокрема, в разі електронного геоінформаційного моделювання відносна помилка визначення площі знижується до 0,3 %.

Отже, щоб оцінити, наскільки масштаб відповідає вимогам точності, треба встановити ці вимоги та з'ясувати, як вони задовольняються за цього масштабу.

Аналізуючи відповідність масштабу вимогам повноти, досліджують можливість вміщення даної графічної бази в разі збереження її досить високої зображувальної здатності для передавання інформації. Для цього треба знати густоту q геопросторових явищ у природі та встановити доцільне допустиме квадратичне навантаження на моделі n_0 . Для об'єктів, локалізованих по пунктах, зручно висловлювати густоту об'єктів у природі їх кількістю на 100 км² території, а навантаження – кількістю об'єктів на 100 см² моделі. Проте за іменованого масштабу M , вираженого кількістю кілометрів на 1 см², 100 см² геоінформаційної моделі відповідають 100 км² місцевості. Отже,

$$n_0 = M^2 q \quad (10)$$

або

$$M = \sqrt{\frac{n_0}{q}}. \quad (11)$$

Отже, для вичерпного нанесення потенційно екологічно-небезпечних об'єктів місцевості за навантаження n_0 , наприклад дорівнює 100 (100 пунктів на 1 дм² моделі) й за густоти q , наприклад, що дорівнює 16 та 4 об'єктам (у середньому на 100 км²), достатні масштаби в першому випадку 1: 250 000, у другому – 1: 500 000.

Водночас відношення (10) дає змогу легко визначити n -навантаження, що припадає на 1 дм² геоінформаційної моделі масштабу M за будь-яких значень густини q . Наприклад, за густоти 16 та 4 вичерпний показ пунктів на геоінформаційній моделі масштабу 10 км в 1 см визначав би нанесення в 1 дм² геоінформаційної моделі відповідно 1600 та 400 об'єктів. Тому в зазначеному прикладі за обмеження навантаження геоінформаційної моделі 100 об'єктами на 1 дм² можливо зберегти масштаб 1: 1 000 000 лише 1/16 та 1/4 загальної кількості об'єктів природно-техногенної безпеки.

Аналізуючи повноту геоінформаційної моделі щодо лінійних об'єктів, можна вдаватися також до порівняння загальної (сумарної) довжини цих об'єктів на геоінформаційній моделі з їх загальною довжиною в природі (переводячи останню величину в масштаб геоінформаційної моделі).

Оскільки прямі та повні підрахунки величин, необхідних для аналізування, потребують значного часу, треба вдаватися до вибірових підрахунків, користуючись спрощеними прийомами.

Способи виконання вибірових підрахунків, що забезпечують бажану точність, розглядають у математичній статистиці, а спрощені вимірювання – в геоінформатиці. Наприклад, доведено, що загальну довжину дорожньої мережі Σl , у сантиметрах, у межах якоїсь ділянки геоінформаційної моделі, в дециметрах квадратних, можливо наближено визначити за формулою:

$$\Sigma l(\text{cm}) = \frac{1}{2} L(\text{cm}) (\sqrt{n} - 1), \quad (12)$$

де L (см) – довжина зовнішнього контуру (в цьому випадку 40 см), а n – кількість замкнутих ланок (контурів) дорожньої мережі в межах цієї ділянки. Отже, всі вимірювання обмежено підрахунком кількості ланок.

Для наближеного визначення сумарної довжини Σl ліній гідрографічної мережі зручно використовувати прозору оверлейн-палетку в опції ГІС з паралельними прямими, проведеними за постійного інтервалу k (3–5 мм); після накладення оверлейн-палетки на геоінформаційну модель, модуль підраховують кількість усіх перетинів ліній з лініями гідрографічної мережі. Математично це має такий вигляд:

$$\sum l(cm) = 1,57nk . \quad (13)$$

Такий розрахунок треба виконувати двічі за двох перпендикулярних положень оверлейн-палетки (використовують у ГІС Surfer).

Масштаб геоінформаційної моделі забезпечує необхідну крупність зображення певних об'єктів, якщо відомі вимоги, що впливають з призначення геоінформаційної моделі та особливостей її використання. Наприклад, є необхідність виділення з геоінформаційної моделі кластеру забруднень від ТЕС з мінімальною площею 1 га. Нехай далі встановлено, що прийняті умовні позначення забезпечують достатню чіткість зображення, коли розмір мінімальної ділянки (комірки) не спускається нижче 16 мм^2 (4 мм на 4 мм). Звідси випливає, що 4 мм на моделі мають дорівнювати 100 м на місцевості, тобто поставленим умовам задовольняє масштаб 1 : 25 000. У загальному вигляді формулу для визначення відповідного масштабу записують так:

$$\frac{1}{N} = \frac{1}{10^5} \sqrt{\frac{p}{P}} , \quad (14)$$

де N – знаменник числового масштабу геоінформаційної моделі, P – мінімальне виділення в натурі (км^2), а p – відповідний йому мінімальний контур на геоінформаційній моделі (см^2).

Якщо задана крупність зображення окремих об'єктів може потребувати збільшення масштабу, то необхідність повного зображення будь-якої території (країни, області) на одному дисплеї та зручність користування геоінформаційною моделлю може спонукати до зменшення її масштабу звичайним зумуванням на панелі опцій ГІС. Наприклад, в національних електронних атласах екологічні моделі мають максимальний масштаб, що зображують країну в цілому, функційно пов'язують з форматом електронного атласа.

Під час оцінювання доцільності масштабу доводиться враховувати також: співвідношення масштабу досліджуваної моделі з масштабами однотипних тематичних моделей; технологічні моменти, зокрема використання після друкування моделі на плоттері.

Оцінка масштабу стосовно вимог точності, якості, повноти нерідко призводить до незгоди з висновками експертів оцінювачів якості ГІС. Тому в остаточному судженні про якість масштабу треба враховувати весь комплекс вимог до геоінформаційної моделі та її відбиток як у масштабі, так і в інших особливостях моделі: в повноті змісту, геометричній точності тощо. Побажання споживачів ГІС про збільшення масштабів моделей нерідко не пов'язані з вимогою відповідного підвищення геометричної точності. Їм потрібно лише більш велике зображення, що полегшує користування, яке можна отримати простим зумуванням. Взагалі для геоінформаційних моделей систем екологічної безпеки особливо важлива відповідність масштабу вимогам точності, а для оглядових (екогеопорталів) – вимогам повноти й зручності роботи (ергономікою моделі).

Аналізування якості інших математичних елементів може відрізнитися залежно від масштабу та виду ГІС. Стосовно закордонних ГІС основну увагу звертають на з'ясування проєкції, системи координат та особливостей координатних сіток. Ці відомості необхідні в

разі використання ГІС як джерел (коли може виникнути необхідність в обчисленні та введенні поправок для переходу до математичної основи, прийнятої для відповідної моделі) або під час геоінформаційних вимірів, правильність яких залежить від обліку систематичних похибок, що обумовлюються відмінностями в математичній основі моделі.

Для дрібномасштабних геоінформаційних моделей набуває істотне значення аналіз якості проєкції та компонування. У проєкції враховують характер і величину спотворень, особливості їх розподілу, доцільність проєкції в геопросторовому відношенні та зручність використання у зв'язку з призначенням ГІС. На геоінформаційних моделях, що залучають для вимірювання кутів і відстаней (у разі моніторингу екологічної безпеки), необхідні рівнокутні проєкції, але, якщо потрібен облік площ (наприклад, на геоінформаційних моделях ЛЕП, газо- і нафтопроводів), звертаються до проєкцій рівновеликих. Для багатоцільових науково-довідкових екогеопорталів нерідко використовують проєкції, проміжні за їх властивостями.

Дуже різні підходи до оцінювання величини спотворень. Часто обмежуються вимогою, щоб спотворення були візуально не відчутні. Наприклад, у цьому сенсі говорять про проєкції візуально рівновеликі, відносячи до них проєкції зі спотвореннями площ, що не перевершують 5 %. В інших випадках надають великого значення малим спотворенням на тих частинах геоінформаційних моделей, де зосереджено її основний зміст, та допускають чутливі спотворення на іншому просторі (наприклад, у приполярній зоні, для вивчення впливу глобального потепління на рівень світового океану та градієнта температур). Іноді доводиться миритися з досить великими спотвореннями, якщо проєкція зручна для вирішення певних завдань екології. Класичний приклад – використання проєкції Меркатора на морських навігаційних геопорталах.

Просторова доцільність проєкції передбачає вибір її з урахуванням теми та змісту геоінформаційної моделі. Адекватний зразок просторового підходу дають дві проєкції: циліндрична стереографічна проєкція Голла та псевдоциліндрична рівновелика проєкція Еккерта, побудована з розривами по океанах. Перша проєкція з великими спотвореннями, але дає безперервне зображення простору, використана для геоінформаційних моделей, зміст яких поширюється на великі простори. Другу проєкцію, на якій кращої якості зображення досягнуто ціною втрати цілісності геоданих, вжито для геоінформаційних моделей оцінки впливу промисловості на навколишнє середовище

Аналізування якості повноти змісту ГІС та її достовірності найістотніше для визначення якості геоінформаційних моделей. Повноту змісту, тобто її різнобічність та обсяг укладеної інформації, оцінюють за її достатністю для характеристики явищ відповідно до призначення ГІС та розв'язання за нею наукових завдань. З призначення ГІС випливають вимоги до неї, що зумовлюють: відбирання елементів змісту, розроблення для них класифікацій, вибирання способів зображення, цени та норми генералізації, співвідношення («частка») елементів і загальний обсяг геоінформації.

Відбирання елементів змісту може видозмінюватися навіть на різних оверлеях ГІС. Наприклад, деякі з них видають у різних варіантах, кожний з яких зберігає тільки елементи, що цікавлять певні групи споживачів ГІС (Мінприроди, ДСНС).

Наступним ітераційним кроком оцінювання якості є семантика ГІС. Доцільність обраних для ГІС способів зображення (наприклад, обґрунтованість вибору для передавання рельєфу горизонталей та відмивання) розглядають одночасно з аналізуванням змісту ГІС у зв'язку з її призначенням, масштабом та специфікою екологічних явищ. Власне оцінювання якості оформлення застосованих на геоінформаційній моделі графічних засобів має на меті з'ясувати «читаність» геоінформаційної моделі – легкість та швидкість сприйняття ГІС у процесі її використання. На читаність геоінформаційної моделі впливає низка чинників: розрізнення (індивідуальність) та наочність окремих позначень; зорове сприйняття логічних зв'язків та підпорядкованість у системі позначень, а також загальне графічне навантаження геоінформаційної моделі.

Розрізнення позначень, що припускає їх безперечну зорову диференціацію, багато в чому залежить від індивідуальності, простоти й чіткості штрихових знаків, належного контрасту фарб, фонових кольорів та штрихувань у цифровому форматі. Великий вплив роблять загальні розміри знаків та їх деталей, а також співвідношення розмірів системних знаків.

Під наочністю позначень розуміють їх «образність», доступність для безпосереднього впізнання зоровою асоціацією окремих знаків та цифрових кольорів ГІС з відображеними об'єктами природи або властивостей. Вплив цього чинника на якість оформлення обмежена, по самій суті знакових геоінформаційних систем межі використання принципу наочності виявляються вузькими, особливо на тематичних геоінформаційних моделях з екологічної безпеки.

Логічні зв'язки в системі знаків визначають системним підходом до конструювання легенди геоінформаційної моделі, її структурою, диференціацією знаків внутрішніх підрозділів відображення системи з відомою спільністю знаків всередині кожного підрозділу. Наприклад, споглядаючи геоінформаційну модель, важливо не тільки розрізнити окремі категорії об'єктів (наприклад, промислові підприємства, водозбирачі, небезпечні об'єкти теплоенергетики), а й візуально об'єднувати їх у родинні групи (об'єкти промислової інфраструктури, урбанізований ландшафт тощо), бачити їх внутрішню підпорядкованість (наприклад, у значенні меж забруднень), сприймати в наростаючій силі забарвлення інтенсивності явищ (наприклад, ареали забруднень та викидів). Логічно продумане оформлення забезпечує виразність геоінформаційної моделі як одного з аспектів якості ГІС-моделі, тобто подавання та висунення на перший план основних елементів і головних об'єктів змісту. Цього досягають за допомогою використання для них відносно великих знаків та насичених яскравих цифрових фарб. Навпаки, другорядним об'єктам присвоюють скромні за розмірами знаки й слабкі кольорові гами, що відводить їх на задній план. Подібний прийом, іноді навіть з використанням трипланового подавання матеріалу, уживаний на багатьох тематичних ГІС-моделях з екології, зокрема для поліпшення основи, коли їй не треба кореспондуватися з основним змістом геоінформаційної моделі. Логічність знаків допомагає виявляти співвідношення та встановлювати одночасно загальні закономірності просторового розміщення явищ.

Звертаючись до впливу на читання геоінформаційної моделі її загального графічного навантаження, зауважимо, що останню вираховують у відсотках площі, зайнятої штриховими знаками та написами, або у відсотках площі чорного (хроматичного та кольорового) в штрихових знаках та написах відносно загальної площі геоінформаційного зображення. Очевидно, навантаження можна обчислювати також у квадратних міліметрах на 1 см² геоінформаційної моделі. На думку професора Ж. Бертена, оптимальна площа чорного, що забезпечує найкращу читаність моделі, відповідає 5–10 %. За даними професора В. І. Сухова, оптимальне навантаження геоінформаційної моделі знаками та підписами населених пунктів дорівнює 12 %, а граничне – 15–18 %. Зазначимо, що один і той самий зміст може давати різне навантаження геоінформаційної моделі залежно від малюнка та розмірів знаків. Інакше кажучи, поняття «зміст» та «навантаження» не тотожні один одному. Проте за певної системи знаків навантаження функційно пов'язано з обсягом змісту геоінформаційної моделі. Щоб уникнути втрати читабельності, обсяг змісту геоінформаційної моделі не повинен виводити загальне графічне навантаження за допустимі межі.

Аналізування ГІС екологічної безпеки не можна обмежувати вивченням якості її геоінформаційних моделей порізно. Впровадження в ГІС системного підходу спонукає бачити в кожній ГІС систему геоінформаційних моделей, які перебувають у певних відносинах та зв'язках між собою. ГІС екологічної безпеки як система геоінформаційних моделей відображає геодані за допомогою роздільного моделювання складових комплексів елементів, їх стану та взаємозв'язків поряд з синтетичною передачею цих комплексів. Тому аналізуючи якість ГІС, важливо оцінювати її повноту та внутрішню єдність, а для цього

розглядають архітектуру ГІС у цілому, зіставляючи її окремі опції та функції. Вихідною основою слугують вимоги до ГІС, що впливають з його призначення. Зокрема, з урахуванням цих вимог встановлюють оптимальний формат та обсяг інфраструктури геопросторових даних.

Зазвичай вимога повноти, що спонукає до збільшення кількості оверлеїв та до укрупнення масштабів, вступає в протиріччя зі встановленим розміром бази даних, що примушує до обмеження кількості опцій та зменшення масштабів. Вихід з суперечності знаходять в усуненні елементів, показників та системоутворювальних зв'язків, другорядних у цьому комплексі та в разі заданого призначення ГІС, в поєднанні на одній геоінформаційній моделі простих і взаємопов'язаних сюжетів – диференціації масштабів згідно зі значенням та складністю конкретних тем. Таке аналізування якості засвідчує, наскільки вдало вирішено це завдання.

Уніфікування масштабів, проекцій, класифікацій виконують в інтересах внутрішньої єдності баз даних ГІС в цілому, та воно може завдавати шкоди якості окремим геоінформаційним моделям, щодо яких індивідуальний підхід до розроблення змісту й графіки з урахуванням специфіки теми й геопросторових умов здатний дати кращий результат. Нагадаємо, наприклад, що для зіставлення рельєфу на різних геоінформаційних моделях екологічних ГІС важливо мати загальну гіпсометричну шкалу, тоді як для найкращого передавання рельєфу окремих ГІС краще розроблення на відповідних геоінформаційних моделях самостійних шкал. Саме порівняльне аналізування якості геоінформаційних моделей ГІС дає змогу побачити, наскільки вдало подолано подібні труднощі, як враховували специфічні особливості без нанесення відчутного збитку єдності та якості баз даних ГІС.

Висновки. Прикладне завдання оцінювання якості ГІС охоплює аналізування в цілому, окремих геоінформаційних моделей та порівняльне аналізування опцій і метаданих. Це зручно вирішувати методом ітерацій. Перша ітерація – загальне ознайомлення з ГІС, а також вивчення в цілому, що дає змогу встановити структуру ГІС (розділи та їх будову), тематичну повноту кожного розділу, систему масштабів та проекцій, обґрунтованість їх вибору, особливості компонування, загальний характер типових оверлеїв, наявність та особливості супроводжувальних текстів, оцінити рівень якості графіки.

У результаті попереднього аналізування якості ГІС аналізування за територіальним охопленням, масштабами та послідовністю роботи модулів програм виявляє районування за масштабами, визначаються візуалізовані відносно значимі різні території екологічної безпеки.

У разі ґрунтового оцінювання якості ГІС, другого ітераційного етапу аналізують архітектуру геоінформаційних моделей ГІС окремо за тематичними шарами. Це дає змогу зрозуміти місце, значення та своєрідність кожної геоінформаційної структури в моделі та в усьому комплексі, визначити питання, специфічні для конкретних завдань екологічної безпеки (наприклад, територіальний розподіл потенційно-небезпечних об'єктів) і тим самим надати велику цілеспрямованість детальному аналізуванню геоінформаційних моделей ГІС екологічної безпеки.

Аналізування якості окремих геоінформаційних модулів ГІС супроводжується порівнянням баз даних (зокрема, оверлеїв (тематичних шарів)). Це посилює обґрунтованість оцінок якості та водночас накопичує фактичний матеріал для систематичного порівняльного аналізування. Наприклад, підхід до оцінювання якості генералізації в цілому може бути різним залежно від того, інсталювані чи ні в архітектурі ГІС-модулі регіональних аспектів екобезпеки. Якщо регіональні геоінформаційні модулі функціують в ГІС, тоді на загальній програмній моделі ГІС спрацьовує чинник строгого відбирання геоданих навантаження, щоб підвищити ясність ГІС та зосередити увагу на головних об'єктах змісту.

Особливо важливий завершальний етап дослідження якості ГІС – порівняльне аналізування, що дає змогу перевірити внутрішню єдність опцій програми, дійти остаточного висновку про повноту ГІС та оцінити в науковому й технічному аспекті. У подальшому єдність роботи модулів не впливатиме на якість продукту, але це не означатиме послаблення вимог до формальної, беззастережної стандартизації всіх ГІС з екологічної безпеки навіть стосовно таких питань, як проекції, масштаби, способи зображення, знаки, шрифти тощо. Наприклад, сувора стандартизація розмірів шрифтів для назв населених пунктів на геоінформаційних моделях різних масштабів у ГІС позначається сприятливо на дрібномасштабних моделях. Рекомендовано використовувати невеликі написи назв підприємств промисловості на моделях ГІС.

На завершальному етапі в разі загального оцінювання якості ГІС визначають істотний аналіз внутрішньої закінченості ГІС, зокрема, якою мірою розміщення тих чи інших явищ, показаних на одних геоінформаційних моделях, знаходить пояснення на інших моделях цієї самої ГІС. Подальші дослідження стосуватимуться оцінювання якості в аспектах науково-технічної й технологічної об'єктивності, актуальності та оперативності ГІС екологічної безпеки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Геоинформатика. Толковый словарь основных терминов. – М. : ГИС-Ассоциация, 1999. – 204 с.
2. ДеМерс М. Н. Географические информационные системы : монография. – М. : СП Дата+, 1999. – 491 с.
3. Дзвис Дж. С. Статистический анализ данных в экологии: монография в 2 кн. – М. : Недра, 1990. – С. 120–122.
4. Матерон Ж. Основы прикладной геостатистики : монография. – М. : Мир, 1968. – 408 с.
5. Митчелл З. Руководство по ГИС-анализу: Пространственные модели и взаимосвязи: Пер. с англ. – К. : ЗАО ЕСОММ Со; Стило, 2000. – Ч. 1. – 198 с.
6. Світличний О. О. Основы геоинформатики : навчальний посібник. – Суми : ВТД «Університетська книга», 2006. – 295 с.
7. Zeiler M. Моделирование нашего мира: пособие ESRI по проектированию баз геоданных: пер. с англ. – К. : ЗАО ЕСОММ Со, 2004. – 254 с.

Шевченко Р. Ю.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

В статье исследована проблема качества инфраструктуры геопространственных данных геоинформационных систем. Качество данных является важным и актуальным в сфере моделирования задач, связанных с экологической безопасностью. Освещается алгоритм выявления некачественных баз данных тематических слоев геоинформационных моделей. Разработан математический аппарат и метод итераций в определении критериев качества геопространственных данных специализированных ГИС. Представлены рекомендации по улучшению и повышению качества базового информативного материала для проектирования оперативных экогеоинформативных систем. Указаны направления по стандартизации графических визуализаций и унификации изобразительных средств. Проведен анализ качества базовых основ функционирования геоинформационных систем. Сформулированы выводы относительно общей оценки качества данных атрибутивных кластеров природно-техногенной ГИС: математической основы, графическо-знаковой системы, логических связей и т.п., то есть то, что выводит соответствующую продукцию на качественный уровень использования в системе экологического мониторинга.

Ключевые слова: *качество геоинформационной модели, критерии качества модулей системы, итерационная система оценивания, анализ качества, стандартизация и унификация.*

Shevchenko R. Yu.

ASSESSMENT OF QUALITY OF GEOINFORMATION SYSTEMS OF ENVIRONMENTAL SAFETY

In the article the problem of the quality of the infrastructure of geospatial data of geoinformation systems is investigated. Data quality is important and relevant in the field of simulation of tasks related to environmental safety. The algorithm of detection of low-quality databases of thematic layers of geographic information models is covered. The mathematical apparatus and iteration method have been developed in determination of the quality criteria of geospatial data of specialized GIS. The recommendations for improving and improving the quality of the basic informative material for the design of operational ecogeographic informative systems are presented. The indicated directions concerning standardization of graphical visualizations and unification of figurative means. The analysis of the quality of the basic principles of the functioning of geographic information systems was carried out. Formulated conclusions on the overall assessment of data quality of attributive clusters of natural technogenic GIS: mathematical basis, graphic-sign system, logical connections, etc. that displays the corresponding products for a qualitative level of use in the system of ecological monitoring.

Key words: *quality of geoinformation model, quality criteria of system modules, iteration system of evaluation, quality analysis, standardization and unification.*

Рецензент – Пашков Д. П., д-р техн. наук, проф.,
завідувач кафедри екологічного моніторингу,
геоінформаційних та аерокосмічних технологій,
Державна екологічна академія післядипломної
освіти та управління, м. Київ

УДК 006.85:366.4:581.57

Слива Ю. В., Голуб Л. С.

ОЦІНЮВАННЯ, АНАЛІЗУВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ ЩОДО ВТРАТ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ В УМОВАХ ВИРОБНИЦТВА ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ РОСЛИН

У статті доведено актуальність питання організації управління ризиками для якості продукції на виробництвах засобів захисту рослин (ЗЗР). Розглянуто основні нормативні вимоги щодо управління небезпечними чинниками у виробництві ЗЗР. Запропоновано етапи ідентифікації, оцінювання, аналізування й контролювання ризиків. Висловлено пропозиції щодо обчислення числових значень ризику. Надано рекомендації щодо вживання запобіжних заходів за результатами аналізування небезпечних чинників.

Ключові слова: *засоби захисту рослин, ризик, небезпечний чинник, якість, оцінювання ризиків.*

Постановка проблеми в загальному вигляді. Аграрна галузь в Україні останнім часом активно розвивається. Зміни світових цін на сільськогосподарську продукцію стимулюють агровиробників активно шукати нові ефективні технології та впроваджувати інновації у виробництво. Зарубіжним і вітчизняним досвідом доведено, що втрати врожаю від шкідливих організмів та бур'янів можуть становити понад 30 % валового збору продукції