

УДК 528.94+551.482

ГІС В ОЦІНЦІ РИЗИКІВ ВІД ЕКСТРЕМАЛЬНИХ СИТУАЦІЙ, ВИКЛИКАНИХ ПАВОДКАМИ І ВОДОПІЛЛЯМ

Іщук О.О.

Центр ГІС Аналітик, м. Київ, Україна

E-mail: o.ischuk22@gmail.com

Теоретично та експериментально показана можливість автоматизації процесу розрахунку ризиків від екстремальних ситуацій, пов'язаних з паводками. Описані реалізовані в системах прогнозування і моделювання можливих наслідків надзвичайних ситуацій цього типу підходи до обчислення зон затоплень із застосуванням ГІС та запропонована принципово нова методологія просторового моделювання зон затоплення шляхом порівняння статистичної поверхні, побудованої на базі контурів затоплення різного ступеню забезпеченості та статистичної поверхні динамічних показників рівнів по гідропостах, виражених через показник забезпеченості.

Ключові слова: обчислення ризику, просторовий аналіз, ГІС, затоплення, паводок.

ВСТУП

Нинішній рівень природно-техногенної безпеки України значною мірою обумовлений надмірними техногенними навантаженнями на природне середовище. Найбільшого техногенного навантаження зазнають індустріально розвинуті країни. Промислові регіони являють собою зони з надзвичайно високим ступенем ризику виникнення аварій та катастроф техногенного походження. Цей ризик постійно зростає внаслідок підвищення частки застарілих технологій та обладнання, зниження темпів відновлення і модернізації виробництва. Знос основних виробничих фондів усіх галузей народного господарства України становить в середньому 50%. Потенційно небезпечні виробництва мають значну питому вагу в структурі промисловості України, на їх долю припадає майже третина обсягів випуску продукції.

За умов економічної кризи і браку коштів на підтримання техногенної безпеки дуже повільно і несвоєчасно здійснюється оновлення, або заміна застарілих основних виробничих фондів, рівень зношеності котрих наближається до критичного. У багатьох випадках антропогенна діяльність сприяє тому, що потенційно небезпечні об'єкти господарювання з року в рік стають все більш вразливими до дії природних факторів, що збільшує небезпеку виникнення на них вторинних техногенних надзвичайних ситуацій. Поєднання факторів техногенної та природної безпеки набагато збільшують ризики виникнення надзвичайних ситуацій та їх наслідки.

Автоматизація процесу прийняття керівних рішень в галузі управління природно-техногенними небезпеками є пріоритетним напрямком впровадження інформаційних технологій у передових країнах світу. Вважаючи на те, що для оцінки переважної більшості ситуацій важливо враховувати їх просторове

положення або розвиток у просторі, суттєву роль для урядовців всього світу сьогодні починають відігравати також і засоби відображення, просторового аналізу та моделювання можливого розвитку природно-техногенних небезпек із використанням геоінформаційних систем (ГІС).

В останні роки ми зустрічаємося із збільшеною активністю природних явищ, що викликають надзвичайні ситуації. У зв'язку з цим оцінювання ризиків на територіях підвищеної природно-техногенної небезпеки набуває особливого значення. Не випадково ціла низка міжнародних проєктів, в яких беруть участь країни колишнього Радянського Союзу, націлена саме на вирішення проблеми узгодження методичної та інформаційної бази розрахунку ризиків з міжнародними стандартами, зокрема з ISO/IEC 31010 [7].

Проблема використання геоінформаційних технологій у галузі оцінки та управління ризиками виникла не випадково. Просторовий характер розподілу та розвитку більшості природно-техногенних небезпек вимагає включення в алгоритми розрахунку ризиків елементів просторового аналізу можливих наслідків ситуацій, що виникають, оцінки характеру просторового розподілу та щільності небезпек по території досліджень.

В даній роботі відображено основні підходи щодо оцінки зон затоплення, як основного елементу розрахунку ризиків від паводкових ситуацій із застосуванням засобів просторового аналізу і моделювання сучасних ГІС.

СУЧАСНІ МЕТОДИ ПРОСТОРОВОЇ ОЦІНКИ НАСЛІДКІВ ЕКСТРЕМАЛЬНИХ ПАВОДКІВ ЗАСОБАМИ ГІС

Просторове моделювання гідрологічних ситуацій – одна з найбільш складних задач, що вирішуються за допомогою ГІС. У процесі її розв'язання доводиться повною мірою використовувати як власні інструменти професійних геоінформаційних систем (створення моделі рельєфу, аналіз похилів, оцінка площ водозбору тощо), так і спеціальні проблемно-орієнтовані алгоритми гідрологічного моделювання, за якими розраховують масштаби і швидкість просування повеневої хвилі, ефективність водозахисних споруд, прогноз гідрохімічного режиму водойм та водотоків і т.д.

Враховуючи досвід застосування ГІС в галузі прогнозування та оцінки наслідків надзвичайних ситуацій, що пов'язані з розвитком паводків, можна виділити кілька головних шляхів просторової оцінки, що визначаються рівнем наявної вихідної інформації:

- наявність інформації тільки про окремі затоплені населені пункти;
- наявність історичних даних про контури затоплених ділянок під час відомих паводків різної ступені забезпеченості;
- наявність детальної моделі рельєфу;
- можливість застосування засобів гідродинамічного моделювання.

Розглянемо детальніше вказані шляхи просторової оцінки зон затоплення.

Наявність інформації про окремі затоплені населені пункти

По більшості річок України інформація про стан розвитку екстремальної повеневої ситуації надходить саме у вигляді повідомлень регіонального підрозділу МНС з переліком вибраних населених пунктів, що постраждали. Якщо для цього річкового басейну не зроблено гідрологічної моделі, не розраховано контурів затоплення різного ступеню забезпеченості і відсутня детальна інформація про рельєф, оцінку можливих наслідків затоплення доводиться робити, базуючись виключно на дані переліку населених пунктів. Проте, за допомогою просторового аналізу ГІС можна суттєво доповнити картину розвитку стихійного лиха і отримати набагато повніший перелік об'єктів, що можуть постраждати. Для цього:

- проводиться відображення названих населених пунктів на електронній карті;
- будується буферна зона (полігон, межі якого рівновіддалені на визначену відстань від об'єкту) навколо ріки, розмір якої на думку експерта відповідає масштабам ситуації;

- вибираються засобами просторового запиту всі типи об'єктів (населені пункти, дороги, промислові об'єкти, потенційно-небезпечні об'єкти і території).

Наявність історичних даних про контури затоплених ділянок під час відомих паводків різної ступені забезпеченості

Введення таких даних в ГІС дає можливість вибрати найближчий до очікуваного відомий сценарій розвитку паводкової ситуації та провести просторовий аналіз на більш детальному рівні навіть в умовах відсутності даних про детальний рельєф. При цьому річка розбивається на умовні зони впливу кожного гідропоста, контури затоплених ділянок різного ступеню забезпеченості (для надзвичайних ситуацій використовується 1% забезпеченість – рівень найвищий за 100 років, 2% - найвищий за 50 років, 5% - найвищий за 25 років, та 10% - найвищий за 10 років), обчислені та нанесені на паперових картах експертами, цифруються та перерізаються по межах кожної зони впливу. За даними прогнозування (наприклад, офіційного прогнозу УкрГМЦ) надаються відомості про рівень, що очікується на кожному гідропості. Класичним підходом при вирішенні цієї проблеми є побудова полігону зони затоплення шляхом комбінування пар контурів, що в межах кожної зони відповідальності гідропоста краще за інших відповідають рівню, що прогнозується. Реалізація вказаної технології може проводитись засобами векторних ГІС без залучення інструментів растрового аналізу. Проте, за рахунок того, що проходження паводкової хвилі звичайно викликає помітний перепад значень забезпеченості на сусідніх гідропостах, такий підхід дозволяє отримати тільки ступінчасту картину розливу, найбільші скачки і відхилення якої від реальності виникають саме на межах зон відповідальності.

У зв'язку з цим, автором статті у свій час запропоновано принципово новий підхід до просторового моделювання, що базується на просторовому співставленні статистичних поверхонь, однією з яких є поверхня забезпеченості, побудована шляхом інтерполяції контурів різного ступеню забезпеченості, іншою – статистична поверхня прогнозовану стану підйому воду по гідропостах, але виражена не в

рівнях, а також в забезпеченості [1]. Такий підхід оснований на застосуванні засобів растрового аналізу і дає цілу низку переваг, головні з яких:

- не потребує розбивки території та контурів зон затоплення на умовні зони відповідальності гідропостів;
- моделює зону затоплення відразу по всій довжині річки з урахуванням плавного ухилу поверхні річки, що спрогнозовано, по гідропостах;
- не базується на припущенні про кускову однорідність забезпеченості в межах зон умовного впливу гідропостів, тому не створює ступінчатих переходів і не накопичує помилок на межах вказаних зон;
- значно підіймає оперативність розрахунку в порівнянні з векторним підходом.

Наявність детальної моделі рельєфу

У цьому випадку результуюча точність просторової оцінки або прогнозу визначається детальністю та актуальністю моделі рельєфу, а також детальністю інформації про рівні річки на оцінюваний момент часу за результатами гідрологічного моделювання, натурних спостережень на гідропостах, даними офіційних гідрологічних прогнозів, інформацією про історичні максимуми або за даними оперативних повідомлень черговому МНС.

Коректність моделі щодо якості гідрологічного прогнозування багато в чому залежить також від так званої плинності рельєфу, яка запобігає утворенню плескатих ділянок поверхні у місцях, де дані відсутні. В природних умовах такі ділянки майже не існують. Зрозуміло, що в межах цих ділянок контур зони затоплення провести неможливо. Перевірити якість наявної ЦМР з цього боку досить просто. Для цього треба зробити аналіз похилів, та звернути увагу на ділянки, в межах яких похил дорівнює "0".

Не будемо вдаватися до повного переліку операцій необхідних для побудови якісної с точки зору гідрології ЦМР, тим більше, що єдиної методи її створення, наскільки відомо, не існує. Отже слід користуватися ЦМР, побудованими спеціалістами у цій галузі та завжди заделегідь визначати необхідну точність моделі рельєфу.

Можливість застосування засобів гідродинамічного моделювання

В цьому випадку проводиться детальне моделювання процесу формування та руху паводкової хвилі з подальшим розрахунком засобами ГІС водної поверхні річки та площі затоплення на будь-який момент часу. Цей тип просторової оцінки найточніший, але в повній мірі реалізувати його можуть сьогодні тільки країни, що мають достатньо розвинуту сучасну мережу гідрометеорологічного моніторингу та відповідний технологічний рівень прогнозуючих систем. Прогнозування детальних карт затоплень територій розміщених на берегах річок вимагає розрахунку рівнів води, повздовжніх та поперечних ухилів рівня води, а також динаміки розповсюдження повеневої хвилі або ударної хвилі при прориві водо-стримуючих об'єктів. Одними з найбільш сучасних методів для розв'язання такого роду задач є

математичне моделювання із використанням двовимірних моделей гідродинаміки, що враховують всі вище перераховані фактори.

Засоби просторового моделювання ГІС у цьому випадку використовуються для отримання статистичних гідрологічно-коректних поверхонь рельєфу суші та русла річки в межах ділянки досліджень, які потім об'єднуються в єдину статистичну поверхню території. Розраховані числовою моделлю рівні води, глибини, швидкості течії та границі затоплених території передаються у ГІС-систему для інтерактивного відображення затоплених територій та динаміки розповсюдження повеневої хвилі, а також значень змодельованих величин у заданих контрольних точках. На основі розрахованих рівнів води та використовуючи детальну електронну карту рельєфу дна та берегів місцевості, а також векторну карту границь населених пунктів, районів, вулиць, автошляхів та ін., система проводить просторовий аналіз території і видає список затоплених об'єктів, процентну частину затоплення об'єкта, глибину та тривалість затоплення.

Розроблена за вказаним принципом система моделювання затоплення у межах м. Києва була створена за завданням РНБО України групою експертів, в яку увійшли працівники інституту проблем математичних машин і систем (ІПММС) НАН України (математична модель) та Центру ГІС Аналітик (ГІС складова) у 2010 році. Розроблена система була передана до відділу гідрологічних прогнозів Українського Гідрометцентру (УрГМЦ) для оперативного моделювання затоплення повеневими водами території м. Києва і приміської зони. Для цієї території вперше було об'єднано батиметричну карту річки Дніпро та Канівського водосховища, виконану в Укрморкартографії, та сучасну карту рельєфу берегів Дніпра, починаючи від дамби Київської ГЕС до м. Українка, включно із дамбами та наливними ділянками.

Для запуску моделі необхідно вказати тривалість розрахунку і задати прогнозовані витрати Київської ГЕС та р.Десна, а також прогнозовані рівні води на Канівській ГЕС. Ці дані можуть бути отримані як за допомогою традиційного прогнозу гідрографу водопілля так і з використанням розробленої у ІПММС одновимірної гідрологічної моделі RIVTOX [8], заснованої на рівняннях Сен-Венана. Завдяки невеликій ресурсоемності одновимірних моделей, вони можуть бути налаштовані на весь водозбір річки, зокрема модель RIVTOX була налаштована для розрахунку повеневої хвилі по всьому басейну Дніпра. Після розрахунку а також в його процесі можна переглянути історію затоплення (рівні води та глибини) по всій області моделювання, збережену з кроком в одну годину (Рис. 1), або у одній з контрольних точок, з кроком у 15 хв.

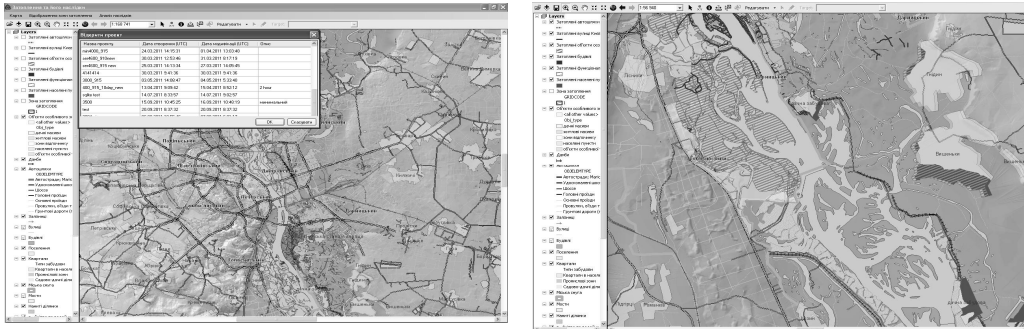


Рис. 1. Вікно відображення процесу моделювання (зліва) та результат аналізу затоплених об'єктів (справа).

ПРОСТОРОВИЙ АНАЛІЗ НАСЛІДКІВ НАДЗВИЧАЙНОЇ СИТУАЦІЇ, ПОВ'ЯЗАНОЇ З ПАВОДКОМ

Оцінка наслідків екстремальних паводкових ситуацій включає в себе стандартний набір операцій просторового аналізу, метою якого є виявлення об'єктів (населені пункти, дороги, угіддя, ділянки забудови тощо), які можуть бути затоплені внаслідок очікуваної повені або паводку.

Це звичайно :

- перелік населених пунктів, що потрапили в зону затоплення та орієнтовно кількість жителів у них;
- перелік промислових підприємств та потенційно небезпечних об'єктів, що потрапили в зону затоплення;
- кількість кілометрів автомобільних та залізничних шляхів, ліній зв'язку та інженерних комунікацій, що попали в зону затоплення тощо.

Суттєво, що для проведення просторового аналізу ГІС не потребує попереднього означення взаємовідносин об'єктів, як у звичайних СУБД. Для визначення об'єктів або їх частин, що попали в зону затоплення, достатньо залучити засоби аналізу, які почергово накладають шар полігонів зони затоплення на шари вибраних типів об'єктів, виявляють просторові взаємовідносини об'єктів, відслідковують пересічення та створюють нові об'єкти (частково або повністю затоплені), порахують їх площу, кількість населення, що проживає в них тощо.

Результати аналізу виявляють собою шари карти, що вміщують зону затоплення, а також затоплені об'єкти та їх частини. Крім того, формується таблиця, в якій підраховано загальні та затоплені площі населених пунктів, довжина затоплених ділянок ліній зв'язку, електричних мереж та інженерних комунікацій тощо. Засоби інтеграції з MS Office дозволяють автоматично згенерувати, наприклад, документ Word, який включити інформацію, необхідну для прийняття рішень

В умовах недостатнього розвитку мережі гідропостів, наприклад, у Закарпатті, для деталізації рівневої поверхні ріки залучається модель розрахунку рівнів по гідрологічних створах. Так для прогнозування наслідків паводків в басейні р. Тиса для УІАС НС було застосовано зовнішній проблемно-орієнтований комплекс

гідрологічного моделювання LEVEL_TS_M, розроблений спеціалістами УкрНДГМІ. З його допомогою дані, отримані по гідропостах, деталізуються по розрахункових гідрологічних створах, розміщених по річках басейну р. Тиса з інтервалом у 5 км.

РОЗРАХУНОК РИЗИКУ ЗАСОБАМИ ГІС

На жаль, використання такого потужного інструменту просторового аналізу, як ГІС у більшості випадків обмежують створенням картографічної основи для відображення і графічного зіставлення елементів, що зумовлюють розподіл небезпек на території досліджень. Проте, оцінка ризиків є досить складним технологічним процесом, який потребує одночасного зіставлення просторового положення багатьох чинників, що визначають рівень небезпеки на кожній ділянці території досліджень. Графічне порівняння контурів розповсюдження кожного з чинників може лише дати уяву про їх приблизне співвідношення у просторі. Справжній ефект може дати лише впровадження автоматизованої системи комплексної кількісної оцінки кожного елементу території за багатьма критеріями одночасно. Саме на вирішення проблем такого типу націлені засоби просторового аналізу та моделювання ГІС [6].

Наприклад, формула потенційного індивідуального ризику життєдіяльності (1) від природних небезпек, розроблена А.Л. Рагозіним [5], виглядає наступним чином:

$$Ris(F) = \sum ((S_i / T_i) \cdot r_{si} \cdot V_{ti} \cdot V_{si} \cdot (1 / N_s)), \quad (1)$$

Якщо $r_{si} = N_{si} / S_i$ - щільність населення зони ураження S_i , то:

$$Ris(F) = \sum ((N_{si} / T_i) \cdot V_{ti} \cdot V_{si} \cdot (1 / N_s)),$$

де: S_i – площа (зона), що зазнала ураження і-тим уражаючим фактором F_i ;

T_i - час, протягом якого відбувалося ураження фактором F_i ;

N_{si} – кількість населення зони ураження;

N_s – кількість населення регіону, стосовно якого розраховується ризик;

V_{ti} – уразливість населення в часі;

V_{si} – уразливість населення по території.

Як бачимо, більшість факторів, що необхідні для розрахунку за цим алгоритмом, такі як щільність і кількість населення в зоні ураження, площа зони ураження та ін. найзручніше отримуються за допомогою засобів просторових запитів та просторового аналізу ГІС. Крім того, результати оцінки ризиків зручно надавати у вигляді карт ризиків або шарів цифрових карт в векторному та растровому форматах, що полегшує їх комплексну оцінку, зіставлення та подальшу обробку. Всі ці операції найефективніше виконують сучасні аналітичні ГІС.

В наш час загальноприйнятою є адитивна модель територіальної оцінки комплексного ризику яка інтегрує суму диференційованих покомпонентних ризиків, розрахованих окремо по видах загроз [3, 4]. Саме на реалізацію моделей вказаного типу орієнтований аналітичний інструментарій сучасних ГІС.

Основна ідея впровадження геоінформаційних технологій в процес розрахунку ризиків від явищ, що мають просторовий розвиток полягає у зіставленні комплексу кількісних та якісних характеристик кожного типу ризику на просторовій основі. У растровому вигляді такі моделі є сучасною реалізацією ідеї обробки багатомірних числових матриць. Кожний піксель растру в цьому випадку несе відповідне числове значення ризику, або код класу небезпеки, або індекс диференційованих покомпонентних ризиків [5], розрахованих окремо по видах загроз [3, 4]. Можливість призначення вагового коефіцієнту кожному фактору при виконанні логічних і математичних операцій між шарами дає можливість додаткового регулювання внеску кожного типу ризику в загальний розподіл показнику комплексного ризику по території досліджень.

Один з найпростіших варіантів реалізації просторового моделювання комплексного ризику дозволяє провести геометричне накладання різних шарів, приймаючи наявні в них небезпечні ділянки щодо кожного типу ризику як виключаючи фактори. Істотним недоліком такого методу при всій простоті і доступності є однозначність одержуваних результатів: або «ризик є» або «ризиків нема», що не дає можливості врахувати різні ступені небезпеки.

У реальних оцінках звичайно використовується весь арсенал логічних і математичних операторів, а також вагові коефіцієнти, що показують вагу кожної складової щодо формування загального показника ризику. Як показує досвід, реалізацію такого алгоритму, з огляду на велику кількість градацій у межах кожного шару і необхідність використання функцій картографічної алгебри, зручніше проводити в растрових системах. У такому випадку, застосувавши операцію математичного накладання, ми одержимо максимальні значення результуючого шару в місцях з найвищим комплексним ризиком. На Рис. 2 показаний приклад реалізації моделі розрахунку комплексного ризику від зсувної активності (landslide.grd), індекс ризику якої [5] змінюється від 1 до 5 та від затоплення внаслідок повені (flood.grd), індекс ризику якої на даній ділянці дорівнює „1”.

<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 100%; text-align: center;"> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </table> <p style="text-align: center; margin-top: 5px;">landslide.grd</p>	0	1	0	0	0	0	0	1	2	2	2	1	0	1	1	2	2	2	1	1	1	0	1	5	5	5	5	1	0	1	5	5	5	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	+	<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 100%; text-align: center;"> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> </table> <p style="text-align: center; margin-top: 5px;">flood.grd</p>	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	=	<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 100%; text-align: center;"> <tr><td>0</td><td>2</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>0</td><td>2</td></tr> <tr><td>2</td><td>2</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td><td>2</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>5</td><td>6</td><td>5</td><td>5</td><td>2</td></tr> <tr><td>0</td><td>2</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>2</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>2</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>1</td></tr> </table> <p style="text-align: center; margin-top: 5px;">result.grd</p>	0	2	0	1	0	0	0	1	2	2	2	2	0	2	2	2	3	2	1	2	1	0	1	5	6	5	5	2	0	2	5	5	5	5	0	0	2	1	1	1	1	0	0	0	2	0	1	2	1
0	1	0	0	0	0	0																																																																																																																																																	
1	2	2	2	1	0	1																																																																																																																																																	
1	2	2	2	1	1	1																																																																																																																																																	
0	1	5	5	5	5	1																																																																																																																																																	
0	1	5	5	5	1	0																																																																																																																																																	
0	1	1	1	1	1	1																																																																																																																																																	
0	0	1	0	1	1	1																																																																																																																																																	
0	1	0	1	0	0	0																																																																																																																																																	
0	0	0	0	1	0	1																																																																																																																																																	
1	0	1	0	0	1	0																																																																																																																																																	
0	0	0	1	0	0	1																																																																																																																																																	
0	1	0	0	0	0	0																																																																																																																																																	
0	0	1	0	0	1	1																																																																																																																																																	
0	0	1	0	0	1	1																																																																																																																																																	
0	2	0	1	0	0	0																																																																																																																																																	
1	2	2	2	2	0	2																																																																																																																																																	
2	2	3	2	1	2	1																																																																																																																																																	
0	1	5	6	5	5	2																																																																																																																																																	
0	2	5	5	5	5	0																																																																																																																																																	
0	2	1	1	1	1	0																																																																																																																																																	
0	0	2	0	1	2	1																																																																																																																																																	

Рис. 2. Застосування операції математичного накладання щодо визначення комплексного (сумарного) ризику від двох складових.

Список літератури

1. Ішук О.О. Взаємодія ГІС та проблемно-орієнтованих моделюючих комплексів в системах прогнозування та оцінки наслідків надзвичайних ситуацій, пов'язаних з паводками / О.О. Ішук,

- О.Г. Ободовський, О.С.Коноваленко // Науковий збірник КГУ «Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія», – 2002 р. – Т. 3 – С.53-59.
2. Іщук О.О. Методологічні особливості використання аналітичних та моделюючих засобів ГІС для прогнозування і оцінки наслідків надзвичайних ситуацій на території України / О.О. Іщук // Ученые записки Таврического университета им. В.И. Вернадского – 2002 г. – т.15 (54), №1–География,– С. 94-101.
 3. Оценка и управление природными рисками / Материалы Всероссийской конференции «Риск-2003». – М.: Издательство Российского университета дружбы народов – 2003 – Т. 1,2.
 4. Фундаментальные и прикладные проблемы мониторинга и прогноза природных, техногенных и социальных катастроф / Материалы международного семинара «Стихия-2002». – Севастополь: Севастопольский институт инженерно-экологических и геоинформационных исследований (СИНЭКО) – 2002.
 5. Рагозин А.Л. Региональная оценка карстовой опасности и риска. Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. / А.Л. Рагозин, В.А. Елкин. – М.: ВИНТИ – 2003 – вып.4 – С. 33-52.
 6. Іщук А.А. Концептуальні моделі місцевості як інструмент комплексної оцінки території / А.А. Іщук // Ученые записки Таврического университета им. В.И. Вернадского – География – Т.16 (55) №2 – 2003 г. – С. 94-101.
 7. Zheleznyak M. RIVTOX - one dimensional model for the simulation of the transport of radionuclides in a network of river channels / M. Zheleznyak, G. Donchyz, V. Hуgynyak, A. Marinetz, G. Lyashenko, P. – Tklich RODOS Report WG4-TN(97)05, Forschungszentrum Karlsruhe – 2000. – 48 p.

Іщук А.А. ГИС в оценке рисков от экстремальных ситуаций, вызванных паводками и половодьем / А.А. Іщук // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия: География. – 2012. – Т. 25 (64). – № 1– С. 86-94.

Пространственный характер распределения и развития большинства природно-техногенных опасностей требует включения в алгоритмы расчета рисков элементов пространственного анализа возможных последствий ситуаций, оценки пространственного распределения и плотности опасностей по территории исследований. В данной работе отражены основные подходы к оценке зон затопления, как основного элемента расчета рисков от паводковых ситуаций с применением средств пространственного анализа и моделирования современных ГИС.

Ключевые слова: оценка риска, зоны затопления, пространственный анализ, пространственное моделирование, географические информационные системы.

Ischuk O. GIS for the risk assessment from extreme situations caused by floods / O. Ischuk // Scientific Notes of Taurida National V. I. Vernadsky University. – Series: Geography. – 2012. – Vol. 25 (64). – № 1 – P. 86-94.

The spatial distribution pattern and the development of the majority of natural and man-made hazards requires the inclusion in the risk assessment algorithms of the elements of the spatial analysis of the possible consequences of emergencies, analysis of spatial distribution and density of the hazards in the study area boundaries etc. This article reflects the main approaches to the assessment of flood zones, as a basic element of the calculation of risk of flood situations using tools of spatial analysis and modeling of modern GIS.

Keywords: risk assessment, flood areas, spatial analysis, spatial modelling, geographic information system.

Поступила в редакцию 24.04.2012 г.