

ПАДЫХОД ДА АЦЭНКІ САЦЫЯЛЬНА-ЭКАНАМІЧНЫХ РЫЗЫК, ПРЫЧЫНАЙ ЯКІХ З'ЯЎЛЯЕЦЦА РАЧНАЯ ПАВОДКА

А.А. Волчак, Д.А. Касцюк, Д.А. Пятроў, М.М. Шэшка
Брэсцкі дзяржаўны тэхнічны ўніверсітэт, Брэст, Беларусь, optimum@tut.by

The approach to forecast damage caused by flooding of anthropogenic-transformed territories in a river floodplain of a plain type is presented. Spatial analysis of the level of the territory usage and the depth/duration of flooding is proposed, the results of which are applicable in preparation of maps of the socio-economic risks associated with flooding.

Калі разглядаць перыяд існавання тэрыторыі г. Брэста, пры якім назіралася нязначная тэхнагенная інтэграцыя ў бытавую і вытворчую сферу, небяспечныя метэаралагічныя і гідралагічныя з'явы не прычынялі значнай матэрыяльнай і сацыяльнай шкоды. Гэта складалася ў выкарыстанні прылад працы і хатняга побыту, у якіх не было энергазалежных механізмаў. Падобная ж сітуацыя назіралася і ў сферы аграрнай вытворчасці, адсутнасць значнага механізавання дазваляла менш балюча пераносіць такога роду прыродныя з'явы.

Ва ўмовах сталага паглыблення тэхнагеннага пераўтварэння прыродных ландшафтаў усё больш значнай становіцца праблема іх абароны ад натуральных прыродна-кліматчных з'яў. Калі разглядаюць мерапрыемствы па абароне ад падтаплення і затаплення тэрыторыі, у асноўным маюцца на ўвазе тэхнічныя (гідратэхнічныя) збудаванні, якія кіруюць становішчам водных мас у часе і прасторы. Пры гэтым не менш важным элементам з'яўляецца прагназаваць развіцця прыродна-кліматчных з'яў, іх эканамічны і сацыяльны эфект.

У выніку прымянення распрацаваных алгарытмаў і існуючых у цяперашні час лічбавых мадэляў рэльефу (ЛМР) можна атрымаць не толькі зону затаплення тэрыторыі, але і яе ізабаты (ізалініі роўных глыбін). Гэта дазволіць класіфікаваць тэрыторыю па рознай глыбіні затаплення і такім чынам стварыць для іх геаметрычныя палігоны, якія выкарыстоўваюцца ў геаінфармацыйных сістэмах (ГІС). Ужыванне такога роду падыходу дае магчымасць больш дакладна ацаніць эканамічныя і сацыяльныя наступствы затаплення ці падтаплення тэрыторыі.

Мы карысталіся такім падыходам каб ацэньваць рызыку сацыяльна-эканамічнай шкоды ў выніку ўздзеяння небяспечных гідралагічных з'яў з ужываннем пакета разліковых алгарытмаў ArgGIS Spatial Analyst, прызначэнне якога - праца з растравымі картамі розных выглядаў геаграфічных з'яў. Папярэдне для гэтага патрабуецца падрыхтаваць тэматычныя пласты ГІС (лічбавыя пласты) тэрыторый з розным узроўнем эканамічнай эфектыўнасці, балансавага кошту і сацыяльнага значэння. Такім чынам, можна абагульніць доследную тэрыторыю з сацыяльна-эканамічнага пункту гледжання.

У сваю чаргу такі падыход патрабуе поўнай і дэталёвай ГІС з тэхнічнымі і тэхналагічнымі параметрамі тэхнагенных аб'ектаў, што для вялікіх тэрыторый можа аказацца праблемным з-за адсутнасці такога роду інтэграванай сістэмы, і

пры гэтым дакладнасць ацэнак павысіцца не значна. Гэта звязана з тым, што некаторае ўзбуйненне і абагульненне пры выкананні такога роду адзнак дазваляе згладзіць памылкі прагнозу зоны затаплення. Для прадстаўлення такога эфекту можна правесці разумовы эксперымент: калі прагноз зоны затаплення быў выкананы з дакладнасцю 100-500 м, і на тэрыторыі ў межах дакладнасці прагнозу знаходзіцца аб'ект з вялікай эканамічнай значнасцю, у гэтым выпадку эканамічны ўрон будзе значна завышаны. Завышэнне эканамічнай шкоды апынецца прапарцыйным дробу, у лічніку якога - эканамічная эфектыўнасць (або балансавы кошт, або сацыяльная значнасць) такога аб'екта, а ў назоўніку - яе асярэдненае значэнне па тэрыторыі затаплення.

У залежнасці ад глыбіні вады праводзіцца ацэнка велічыні сацыяльна-эканамічнага ўрону, які прыпадае на адзінку плошчы. Для ўліку дадзеных асаблівасцяў можна выкарыстоўваць вагавыя каэфіцыенты, якія былі атрыманы ў выніку папярэдняга фізічнага, тэхнічнага і эканамічнага аналізу ўплыву глыбіні вады дадзенай тэрыторыі на велічыню шкоды. Пры гэтым дастаткова эфектыўным з'яўляецца вызначэнне вагавых каэфіцыентаў з дапамогай метаду экспертных адзнак.

Улік працягласці затаплення (ці падтаплення) тэрыторыі можна вырабляць на аснове вагавых каэфіцыентаў, аналагічна таму, як гэта робіцца ў выпадку глыбіні вады.

Такім чынам, колькасную адзнаку рызыкі можна прадставіць у выглядзе здабытку спалучэнняў верагоднасцяў наступу падзей затаплення і яго працягласці на адзнаку сацыяльна-эканамічнай значнасці j -га ўчастку тэрыторыі:

$$R = E_j \cdot (p_{i,j}^h \cdot p_{i,j}^t) = \sum_{i=1}^n (p_{i,j}^h \cdot k_{i,j}^h) \cdot (p_{i,j}^t \cdot k_{i,j}^t) \cdot F_i \cdot e_j$$

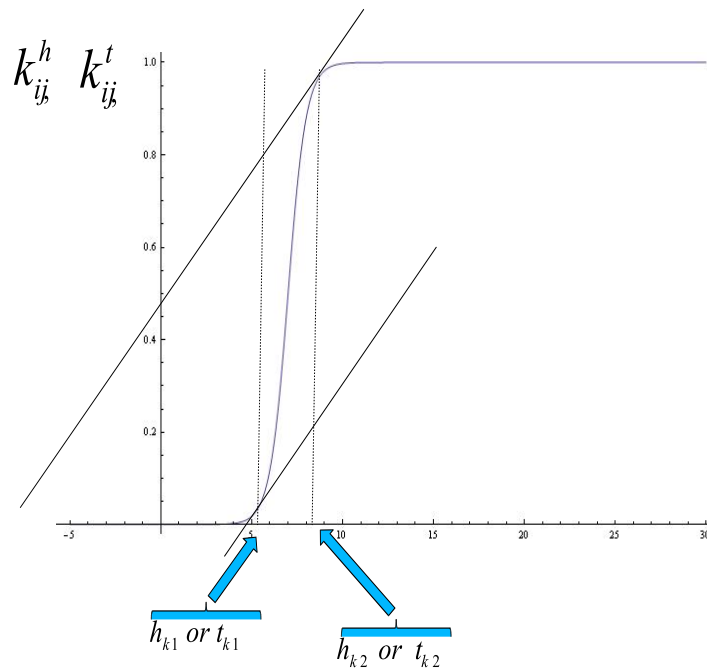
дзе E_j - велічыня шкоды j -га віду ўгоддзяў у грашовых адзінках; $p_{i,j}^h, p_{i,j}^t$ - імавернасны ацэнкі глыбіні і працягласці затаплення j -га ўчастку тэрыторыі i -той плошчы; $k_{i,j}^h, k_{i,j}^t$ - адпаведна безпамерныя вагавыя каэфіцыенты, якія ўлічваюць глыбіню стаяння вады і яе працягласць для i -га ўчастку j -га віду ўгоддзяў; F_i - плошча i -га ўчастку, утворанага скрыжаваннем палігона j -га віду ўгоддзяў і палігона затаплення, класіфікаванага па глыбіні і працягласці стаяння вады, у адзінках плошчы; e_j - удзельная эфектыўнасць (або балансавы кошт, або сацыяльная значнасць) j -га віду ўгоддзяў у грашовых адзінках на адзінку плошчы.

Вагавыя каэфіцыенты вызначым праз сігнальныя функцыі наступным чынам:

$$k^h = 0,5 \left(\frac{e^{2(h \cdot a_h + b_h)} - 1}{e^{2(h \cdot a_h + b_h)} + 1} + 1 \right)$$

$$k^t = 0,5 \cdot t \cdot \left(\frac{e^{2(t \cdot a_t + b_t)} - 1}{e^{2(t \cdot a_t + b_t)} + 1} + 1 \right)$$

дзе a_h, b_h, a_t, b_t - параметры функцыі, якія вызначаюцца зыходзячы з кропак перагіну гіпербалічнага тангенса (мал. 1). У гэтым выпадку кропкі перагіну адпавядаюць першай і другой крытычным зонам.



Малюнак 1- Схема вызначэння параметраў сігнальнай функцыі

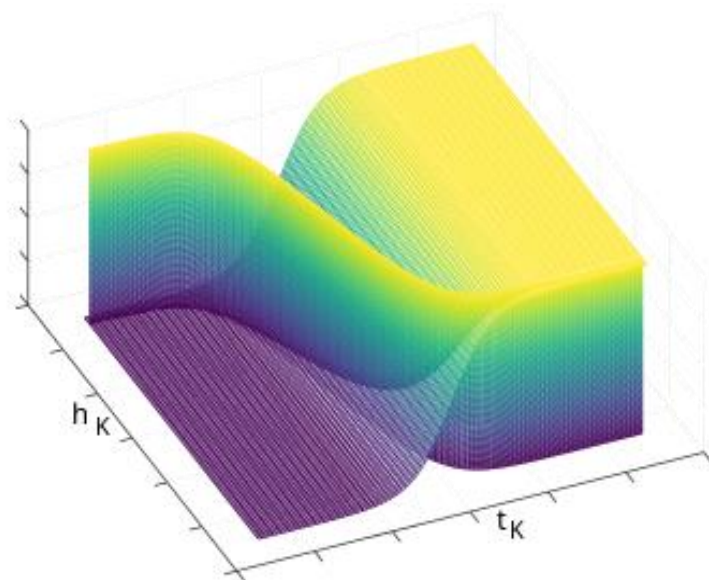
На малюнку можна бачыць сігнальную функцыю, дзе паказаны дзве крытычныя зоны ўмоў фармавання шкод ад адзатаплення (а адпаведна і рызык іх узнікнення). На восі абсцыс пазначаны параметры глыбіні і працягласці затаплення, якія задаюцца вагавымі каэфіцыентамі, і значэнні якіх залежаць ад крытычных зон k_1 і k_2 . Крытычныя зоны, у сваю чаргу, вызначаюцца фізічнымі і сацыяльнымі ўмовамі фармавання шкоды. Такім чынам, можна вылучыць 3 зоны фармавання шкодаў:

1. Першая зона адпавядае глыбіні/працягласці затаплення, пры якіх памер шкоды набывае вылічальныя значэнні.
2. Другая зона - шкода лінейна ўзрастае з павелічэннем фактару (глыбіня або час затаплення);
3. Трэцяя зона адпавядае глыбіні/працягласці затаплення, павелічэнне якіх не прыводзіць да павелічэння шкоды, а характарызуецца выведзенымі з абарачэння пляцамі і фактычнай шкодай, вылічанай для другой зоны.

На прыкладзе вызначэння вагавага каэфіцыента часу затаплення, вызначым параметры функцыі па наступнай схеме

$$\begin{aligned} \text{пры } h = h_{k1}, \frac{dk^h}{dh} &\rightarrow 1 \\ \text{пры } h = h_{k2}, \frac{dk^h}{dh} &\rightarrow 1 \end{aligned} \rightarrow \begin{bmatrix} a_h \\ b_h \end{bmatrix}$$

Таксама варта адзначыць адрозненні ва ўраўненнях для вызначэння вагавага каэфіцыента глыбіні затаплення і яго працягласці. У выпадку ўзаемасувязі глыбіні затаплення, пры перавышэнні нейкага ўзроўню шкода перастае расці практычна поўнаасцю. Аднак разглядаючы час затаплення, з вызначанага моманту ў якасці шкоды можна разглядаць толькі пастаянныя выдаткі, памер якіх аказваецца прама прапарцыяльным часу выключэння затопленых тэрыторый з гаспадарчага абароту.



Малюнак 2 – 3D-мадэль для знаходжання лініі перасячэння сігнальных функцый

Можна меркаваць, што пры прадстаўленні функцыі ў выглядзе 3D-мадэлі, лінія перасячэння паверхняў адлюстроўвае найбольш крытычную зону і максімальныя рызыкі з пункту гледжання сацыяльна-эканамічных наступстваў, фармуючы такім чынам у трохмерных каардынатах крывую найбольшага ўрону (мал. 2).

Праца выконвалася пры фінансавай падтрымцы ДПНД «Лічбавыя і касмічныя тэхналогіі, бяспека грамадства і дзяржавы».

Спіс выкарыстаных крыніц

1. Петров, Д.О. Оценка адекватности применения геометрических методов для построения зоны затопления пойм равнинных рек / Д.О. Петров, А.А. Волчек // Туристический и природный потенциал водных объектов белорусско-польского пограничья: материалы науч.-практ. конференции (Брест, 30-31 октября 2020 года) / гл. ред. Н.В. Михальчук – Брест : Альтернатива, 2020. – С. 127–130.
2. Петров, Д.О. Алгоритм вычисления границ области затопления для речной сети с моделированием распространения воды по растровому представлению рельефа / Д.О. Петров, А.А. Волчек, Д.А. Костюк // Доклады БГУИР. – 2016. – №5 (99) – С. 73–78.
3. Šugareková, Flood risk assessment and flood damage evaluation – the review of the case studies / M. Šugareková, M. Zeleňáková // Acta hydrologica Slovaca, Vol. 22, No. 1, 2021, pp. 156 – 163.
4. Godyń, I. A revised approach to flood damage estimation in flood risk maps and flood risk management plans, Poland / I. Godyń // Water, 2021, iss. 13, no. 19: 2713.
5. Мирончик, В.М. Прогноз уровня затопления и экономического ущерба в пойме рек на основе ArcView / В.М. Мирончик, В.А. Саечников // ГИС и природные ресурсы, №. 1 (20), 2002.
6. Петров, Д.О. Система расчёта и визуализации зоны затопления на основе клеточного автомата / Д.О. Петров, А.А. Волчек, Д.А. Костюк, Н.Н. Шешко // Актуальные проблемы наук о Земле: использование природных ресурсов и сохранение окружающей среды: сб. материалов междунар. науч.-практ. конф., посвящ. году науки в Респ. Беларусь: в 2 ч., Брест, 25 – 27 сент. 2017 г. / Ин-т природопользования НАН Беларуси, Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина, Брест. гос. техн. ун-т ; редкол.: А. К. Карабанов [и др.] ; науч. ред. А. К. Карабанов, М. А. Богдасаров. – Брест: БрГУ, 2017. – Ч. 1. – С. 145–148.