
РАДИОЛОГИЯ И РАДИОБИОЛОГИЯ, РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

RADIOLOGY AND RADIOBIOLOGY, RADIATION SAFETY

УДК 614.841.3

ВЫКАРЫСТАННЕ ГІС-ТЭХНАЛОГІЙ ПРЫ АЦЭНЦЫ РЫЗЫК ЛЯСНЫХ ПАЖАРАЎ НА ТЭРЫТОРЫІ ГОМЕЛЬСКОЙ ВОБЛАСЦІ

А. А. ДВОРНИК¹⁾, А. М. ДВОРНИК²⁾, І. А. ЧЭШЫК¹⁾, С. А. ГАПОНЕНКА¹⁾, В. М. СЕГЛІН¹⁾

¹⁾Інстытут радыябіялогіі Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі,
вул. Фядзюнінскага, 4, 246007, г. Гомель, Беларусь

²⁾Гомельскі дзяржаўны ўніверсітэт імя Ф. Скарыны,
вул. Савецкая, 104, 246019, г. Гомель, Беларусь

Разглядаецца сістэма падтрымкі прыняцця рашэнняў (СППР) для планавання і прафілактыкі надзвычайных сітуацый, звязаных з ляснымі пажарамі. Распрацоўка выконвалася ў межах задання Дзяржаўнай праграмы навуковых даследаванняў «Прыродакарыстанне і экалогія 3.16» на 2016–2018 гг. Інфармацыйная сістэма

Образец цитирования:

Дворник АА, Дворник АМ, Чэшык ІА, Гапоненка СА, Сеглін ВМ. Выкарыстанне ГІС-тэхналогій пры ацэнцы рызык лясных пажараў на тэрыторыі Гомельскай вобласці. *Журнал Беларускага дзяржаўнага ўніверсітэта. Экалогія*. 2019;2:51–59.

For citation:

Dvornik AA, Dvornik AM, Cheshik IA, Haponenko SO, Seglin VN. Estimation of forest fire risks on the territory of Gomel region with GIS technology. *Journal of the Belarusian State University. Ecology*. 2019;2:51–59. Belarusian.

Авторы:

Александр Александрович Дворник – кандидат биологических наук, заведующий лабораторией моделирования и минимизации антропогенных рисков.

Александр Михайлович Дворник – доктор биологических наук, профессор; профессор кафедры физиологии растений.

Игорь Анатольевич Чешик – кандидат медицинских наук, доцент; директор Института радиобиологии.

Сергей Олегович Гапоненко – научный сотрудник лаборатории моделирования и минимизации антропогенных рисков.

Вероника Николаевна Сеглин – младший научный сотрудник лаборатории моделирования и минимизации антропогенных рисков.

Authors:

Aliaksandr A. Dvornik, PhD (biology), head of laboratory of modelling and anthropogenic risks minimization.

aadvornik@gmail.com

Aliaksandr M. Dvornik, doctor of science (biology), full professor; professor at the department of physiology of plants.

amdvornik@yandex.ru

Ihar A. Cheshik, PhD (medicine), docent; director of Institute of radiobiology.

igor.cheshik@gmail.com

Sergey O. Haponenko, researcher at the laboratory of modelling and anthropogenic risks minimization.

ma2856@mail.ru

Veronika N. Seglin, junior researcher at the laboratory of modelling and anthropogenic risks minimization.

seglinv@mail.ru

Forest Fire 2.0 GIS – гэта кіраванне данымі надвор'я, картаграфічны прагляд даных і візуалізацыя пажарных рызык. Метадалогія даследавання грунтуецца на разліку комплекснага паказчыка пажарнай небяспекі (ППН) у лесе. Вылічэнне комплекснага паказчыка пачынаецца пасля таго, як растае снег, кожны дзень і заканчваецца ў канцы пажаранебяспечнага перыяду – восенню. Выкарыстоўваючы даныя аб колькасці ападкаў і вільготнасці паветра, дадатак разлічвае індэкс метэаўмоў і выдае рэгламент дзеянняў пажарных службаў у адпаведнасці з СТБ 1408-2003. Пры распрацоўцы інфармацыйнай сістэмы выкарыстоўвалася платформа MapWinGis з адкрытым кодам для бібліятэк ActiveX, якая знаходзіцца ў свабодным доступе. Картаграфічныя даныя ўяўляюць сабой файлы ў вектарным фармаце, у якіх захоўваюцца пры неабходнасці ўсе карты, што атрымліваюцца падчас працы модуля.

Ключавыя словы: лясныя пажары; умовы надвор'я; інфармацыйная сістэма; рызык пажараў.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ОЦЕНКЕ РИСКОВ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ НА ТЕРРИТОРИИ ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

А. А. ДВОРНИК¹⁾, А. М. ДВОРНИК²⁾, И. А. ЧЕШИК¹⁾, С. О. ГАПОНЕНКО¹⁾, В. Н. СЕГЛИН¹⁾

¹⁾*Институт радиобиологии Национальной академии наук Беларуси,
Федюнинского, 4, 246007, г. Гомель, Беларусь*

²⁾*Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины,
ул. Советская, 104, 246019, г. Гомель, Беларусь*

Рассматривается система поддержки принятия решений (СППР) для планирования и профилактики чрезвычайных ситуаций, связанных с лесными пожарами. Разработка проводилась в рамках задания Государственной программы научных исследований «Природопользование и экология 3.16» на 2016–2018 гг. Информационная система Forest Fire 2/0 GIS включает руководство данными погоды, картографический просмотр данных и визуализацию пожарных рисков. Методология исследования базируется на расчете комплексного показателя пожарной опасности (ППО) в лесу. Вычисление комплексного показателя начинается после полного таяния снега, ежедневно и заканчивается в конце пожароопасного периода – осенью. Используя данные о количестве осадков и влажности воздуха, приложение рассчитывает индекс метеоусловий и выдает регламент действий пожарных служб в соответствии со СТБ 1408-2003. При разработке информационной системы применялась платформа MapWinGis с открытым кодом для библиотек ActiveX, которая находится в свободном доступе. Картографические данные – это файлы в векторном формате, в которых сохраняются при необходимости все карты, получаемые во время работы модуля.

Ключевые слова: лесные пожары; условия погоды; информационная система; риски пожаров.

ESTIMATION OF FOREST FIRE RISKS ON THE TERRITORY OF GOMEL REGION WITH GIS TECHNOLOGY

A. A. DVORNIK^a, A. M. DVORNIK^b, I. A. CHESHIK^a, S. O. HAPONENKO^a, V. N. SEGLIN^a

^a*Institute of radiobiology of National Academy of Sciences of Belarus,
4 Fiadzjuninskaga Street, Gomel 246007, Belarus*

^b*Francisk Skorina Gomel State University, 104 Saveckaja Street, Gomel 246019, Belarus
Corresponding author: A. A. Dvornik (aadvornik@gmail.com)*

This paper describes the development of a decision support system (DSS) for prevention and planning emergency related to forest fires. The work reported in this article was conducted under the project supported by Belarusian State Program for basic research. The application consist on weather data management, a geographical data viewer and visualization of fire risks. The level of forest fire hazard in Republic of Belarus is estimated by scale based on weather conditions. Calculation of the weather based index starts after the descent of snow cover and continues daily until the end of fire season, in autumn. The software uses data on precipitation amount and air humidity to calculate weather based fire hazard index and gives the recommendations for firefighting officials in accordance with regulations. The development of special application – ForestFire GIS – was based on the MapWinGIS – a free and open source geographic information system programming ActiveX Control. The mapping data are the files in vector format, which store all the maps, obtained during application work.

Key words: forest fires; weather conditions; software; fire risks.

Уводзіны

Колькасць і маштабы лясных пажараў значна вар'іруюць з года ў год, што звязана з сезоннымі метэаралагічнымі ўмовамі. Шматгадовая дынаміка лясных пажараў залежыць ад пажаранебяспечных сезонаў, змянення клімату, дынамікі назапашвання мёртвай біямасы, схільных да пажараў рэгіёнаў краіны, адсутнасці догляду за насаджэннямі.

Асаблівай, з пункту гледжання пажарнай бяспекі, з'яўляецца тэрыторыя радыеактыўнага забруджвання, размешчаная ў Гомельскай вобл. Лясныя масівы на радыеактыўна забруджаных землях займаюць каля 17,4 % ляснога фонду Рэспублікі Беларусь (па стане на 2017 г.) і адносяцца да першага класа прыроднай пажарнай небяспекі. Практычна з моманту аварыі на Чарнобыльскай АЭС у зонах радыеактыўнага забруджвання спынены санітарныя рубкі, што прывяло да значнага павелічэння колькасці лясных паліўных матэрыялаў (ЛПМ). Ліквідацыя ачагоў узгарання на такіх тэрыторыях звязана не толькі з супрацьпажарнымі мерапрыемствамі, але і з захаваннем патрабаванняў радыяцыйнай бяспекі.

На тэрыторыі Рэспублікі Беларусь (у межах 30-кіламетровай зоны ЧАЭС) з 2013 па 2018 год адбылося больш за 40 лясных пажараў. Найбольш буйны з іх здарыўся каля былога населенага пункта Кажушкі. Яго агульная плошча перавысіла 60 га. Шчыльнасць радыеактыўнага забруджвання тэрыторыі па ^{137}Cs перавысіла 1480 кБк/м². У 2002 г. у Гомельскай вобл. было зарэгістравана звыш 400 пажараў з іх 48 – у Чарнобыльскай зоне адчужэння.

Разам з тым, інструмент для колькаснай ацэнкі дынамікі ўтрымання ^{137}Cs на рознай адлегласці ад фронту пажару, а таксама прасторавага пераразмеркавання забруджвання радыенуклідамі ў лясных экасістэмах Рэспублікі Беларусь адсутнічае. Дадзены факт абцяжарвае прыняцце абгрунтаваных гаспадарчых і кіраўніцкіх рашэнняў пры арганізацыі лесапажарнай абароны на тэрыторыях, пацярпелых ад аварыі на Чарнобыльскай АЭС, супрацьрадыяцыйнай абароне персаналу, які ўдзельнічае ў тушэнні лясных пажараў.

У адпаведнасці са стратэгіяй «Навука і тэхналогіі: 2018–2040», перспектыўным напрамкам развіцця для Беларусі ў галіне экалогіі і рацыянальнага прыродакарыстання з'яўляецца распрацоўка шматфункцыянальных і праблемна-арыентаваных геаінфармацыйных і экспертных сістэм для забеспячэння экалагічнай бяспекі. Сусветны вопыт кіравання натуральнымі экасістэмамі дае падставы канстатаваць, што ўсе працэсы ацэнкі рызык і прыняцця кіраўніцкіх рашэнняў грунтуюцца на аналізе прасторавай інфармацыі аб зменах навакольнага асяроддзя. У галіне лясной і радыяцыйнай піралогіі актуальнай задачай з'яўляецца картаванне лясных насаджэнняў (у тым ліку і на радыеактыўна забруджаных тэрыторыях) і ЛПМ. Наяўнасць лічбавых карт паліўных матэрыялаў дазваляе весці ўлік стану лясных экасістэм, ацэнку рызык пажарнай небяспекі [1; 2], велічыню патэнцыяльнага вынасу радыенуклідаў пры пажарах на тэрыторыі з высокім узроўнем радыеактыўнага забруджвання.

З сучасных дзеючых геаінфармацыйных сістэм дыстанцыйнага маніторынгу лясных пажараў можна вылучыць некалькі найбольш характэрных. Еўрапейская інфармацыйная сістэма ўліку лясных пажараў «Капернік» (EFFIS) была запушчана на тэрыторыі Еўрапейскага саюза ў 2000 г.

На тэрыторыі Рэспублікі Комі (Расійская Федэрацыя) дзейнічае інфармацыйна-аналітычная сістэма «Лясныя пажары ў Рэспубліцы Комі 2.0» (gis.rkomi.ru), якая дазваляе вызначаць ачагі пажараў як дзеючыя, так і ліквідаваныя. Інфармацыя прадстаўлена ў адкрытым доступе пры дапамозе сеткі Інтэрнэт ў выглядзе анлайн-сэрвісу.

Сучасныя тэхналогіі збору і апрацоўкі даных аб узгаральнасці лясоў, стане навалнічных разрадаў і метэаралагічныя зводкі дазволілі распрацаваць дзейную інфармацыйную сістэму дыстанцыйнага маніторынгу лясных пажараў Міністэрства прыродных рэсурсаў РФ (ІСДМ МПР РФ). Яе асноўнай задачай з'яўляецца інфармацыйная падтрымка работ па выяўленні і тушэнні лясных пажараў, прадстаўленне інфармацыі і тэхналогій для аналізу наступстваў лясных пажараў у авіяцыйную службу аховы лясоў ад пажараў ФДУ «Авіялесаахова» Федэральнага агенцтва лясной гаспадаркі [3].

Адным з ранніх камп'ютарных дадаткаў для мадэлявання паводзін лясных пажараў з'яўляецца *Farsite*, распрацаваны М. Фінні ў 1998 г. на аснове мадэлі Г. Рычардса [4]. Яго алгарытм выкарыстоўвае прынцып «эліптычнай мадэлі росту лясных франтоў», які змешчаны ў [5]. *Farsite* выкарыстоўваецца ў трох асноўных варыянтах: мадэляванне мінулых вынікаў, актыўных пажараў і патэнцыяльных памылак. Рэтраспектыўны аналіз даных сведчыць аб тым, як сімулятар узнаўляе вядомыя мадэлі развіцця пажараў, што мае вырашальнае значэнне пры выкарыстанні яго ў прагназаванні развіцця рэальных пажараў.

У рамках праекта «Аўтаматызаваная сістэма абароны ад пагроз пажараў і паводак AUTO-HAZARD PRO» была распрацавана сістэма, спонсарам якой з'яўляецца Еўрапейскі саюз [6]. Сістэма распрацоўвалася як інавацыйнае рашэнне, якое аб'ядноўвала кіраванне рызыкамі стыхійных наступстваў

на тэхнічным і адміністрацыйным узроўнях у рэжыме рэальнага часу. Распрацоўка была пратэсціравана ў Паўднёвай Еўропе.

А. Е. Экай з суаўтарамі (Акаў А. Е.) аб'ядналі перавагі ГІС-сістэмы прыняцця рашэнняў (СПР) і прыкладнога сеткавага аналізу, які ўключаў чатыры асноўныя функцыі. Па-першае, гэта ідэнтыфікацыя бліжэйшага пажарнага разліку і ацэнка самага хуткага шляху паміж ім і пажарным інцыдэнтам [7]. Па-другое, праграма здольна карэктываць самы хуткі маршрут ў рэальным часе. Пры ўзнікненні перашкоды маршрут змяняецца з бягучай кропкі. Трэцяя функцыя звязана з прасторавым ахопам (з дапамогай буферызавання) лясных зямель бягучых падраздзяленняў. Чацвёртая функцыя дазваляе ацаніць неабходнасць выкарыстання паветраных сродкаў тушэння пажараў.

З аичынных распрацовак можна адзначыць праграмны комплекс «Разлік і візуалізацыя дынамікі ляснога пажару», які ў рэжыме рэальнага часу дазваляе разлічыць становішча і канфігурацыю ляснога пажару, перыметр і плошчу пашкоджанага лесу [8]. Мэта даследавання – распрацоўка аўтаматызаванай экспертнай сістэмы для аналізу кліматычных умоў і вызначэння рызык узгарання ў лясгасах Гомельскага рэгіёна. Работа была выканана ў межах задання Дзяржаўнай праграмы навуковых даследаванняў «Прыродакарыстанне і экалогія 3.16» на 2016–2018 гг.

Матэрыялы і метады даследавання

Метадалогія распрацоўкі грунтуецца на разліку комплекснага паказчыка пажарнай небяспекі (ППН) у лесе. Яго вылічэнне пачынаецца пасля таго, як растае снег, працягваецца штодня і заканчваецца ў канцы пажаранебяспечнага перыяду – восенню. Паказчык пажарнай небяспекі (ППН), прапанаваны В. Г. Несцеравым, разлічваецца шляхам штодзённага падсумоўвання здабытку тэмпературы паветра t (па сухім тэрмометры) на дэфіцыт вільготнасці паветра d у 12 гадз. мясцовага або 13 гадз. дэкрэтнага часу па формуле:

$$\text{ППН} = \sum_1^n t(t - r),$$

дзе t – тэмпература паветра ў 12 гадз. дня, r – кропка расы, °С

Пры ападках за мінулыя суткі больш за 2,5 мм комплексны ППН спісваецца і на наступны дзень ён будзе роўны паказчыку за гэты дзень. Прадстаўленыя звесткі з'яўляюцца асновай для лесагаспадарчых прадпрыемстваў пры рэгламентацыі працы і мерапрыемстваў па папярэджванні ўзнікнення і распаўсюджвання пажараў.

На тэрыторыі Рэспублікі Беларусь для ацэнкі і прагназавання пажарнай небяспекі ў лесе па ўмовах надвор'я Гідраметэацэнтрам выкарыстоўваецца распрацаваная Н. А. Дзічанковым шкала пажарнай небяспекі [9].

Пры распрацоўцы інфармацыйнай сістэмы ForestFire 2.0 GIS App выкарыстоўвалася платформа MapWinGis з адкрытым кодам для бібліятэк ActiveX, якая знаходзіцца ў свабодным доступе. Яна можа свабодна інтэгравацца ў любое асяроддзе распрацоўкі, якое падтрымлівае бібліятэка ActiveX. Падчас даследаванняў было выкарыстана асяроддзе аб'ектна-арыентаванага праграмавання Borland Delphi. Прынцыповая схема логікі функцыянавання праграмы прадстаўлена на рыс. 1.

Дадатак мае два функцыянальныя блокі. У дадзеным артыкуле разглядаюцца асаблівасці аднаго блока – ацэнкі пажарнай небяспекі.

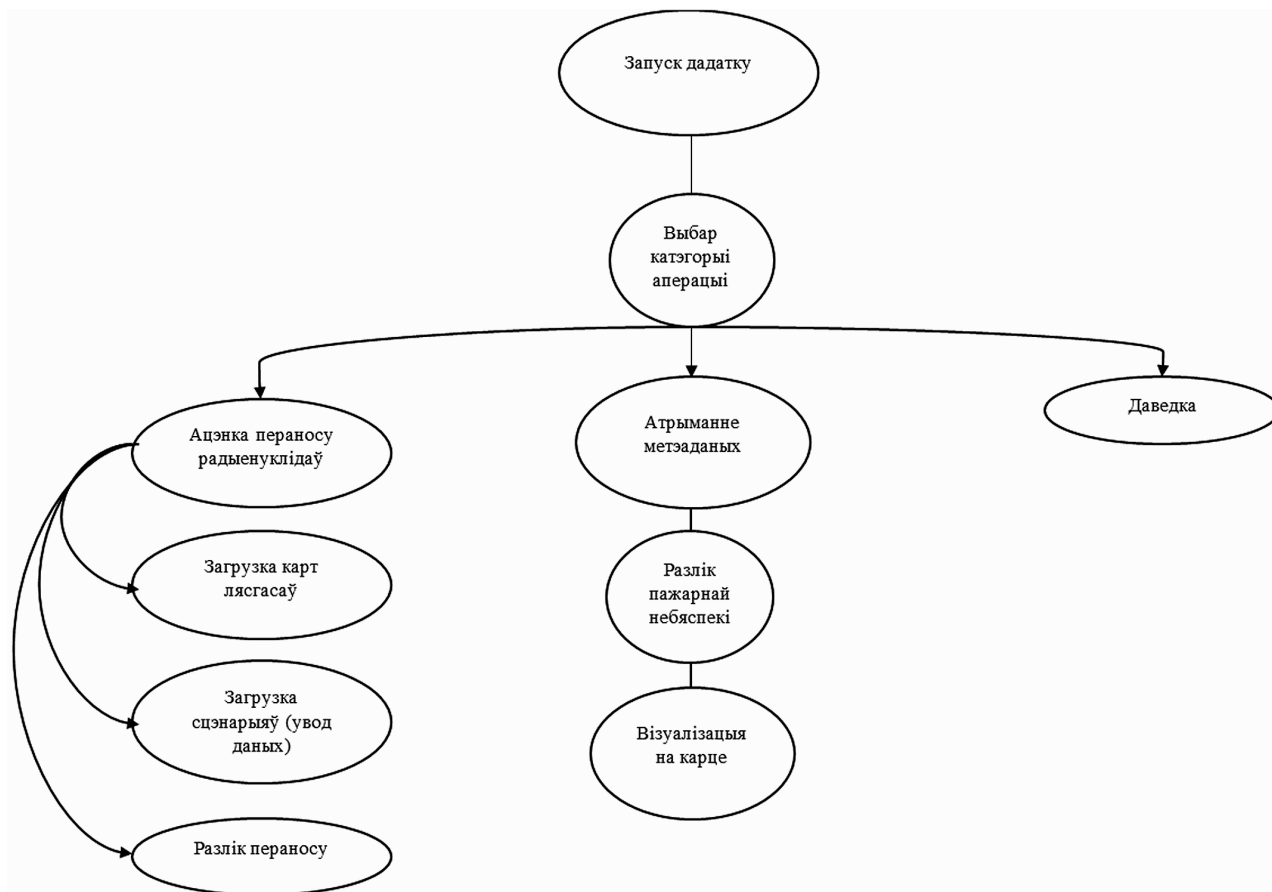
Для атрымання даных для разліку праграма выкарыстоўвае адпраўку HTTP-запытаў да сэрвісаў надвор'я. Выкарыстоўваючы даныя аб колькасці ападкаў і вільготнасці паветра, дадатак разлічвае індэкс пагодных умоў і выдае рэгламент дзеянняў лесапажарных службаў у адпаведнасці з СТБ 1408-2003 [10].

Рэзультаты даследавання і іх абмеркаванне

Дадатак ForestFire 2.0 GisApp уяўляе пашыраную версію інфармацыйна-аналітычнай сістэмы ForestFire v.1.0.1 (2015 г.) [11]. У аснове яе працы ляжыць узаемадзеянне ГІС-модуля (ядро праграмы MapWinGis) з двума функцыянальнымі блокамі:

- ацэнка пажарнай небяспекі ляснога фонду Гомельскай вобл. па індэксе пагодных умоў;
- разлік і візуалізацыя пераносу радыеактыўных рэчываў пры лясных пажарах.

Усе функцыі, якія адказваюць за фарміраванне графічнага карыстальніцкага інтэрфейсу ГІС і розных карт, адлюстраванне або ўтойванне пластоў, змяненне стылю адлюстравання, візуальнае рэдагаванне, рэалізаваны ў ядры MapWinGis.



Рыс. 1. Схема логікі функцыянавання праграмы

Fig. 1. The scheme of program logic

Картаграфічныя даныя ўяўляюць сабой файлы ў вектарным фармаце. У іх захоўваюцца пры неабходнасці ўсе карты, якія атрымліваюцца ў працэсе працы модуля. З такіх файлаў адбываецца загрузка першапачатковай картаграфічнай інфармацыі. База даных з’яўляецца крыніцай ўсёй неабходнай інфармацыі – тып насаджэнняў, іх узрост, запас ЛПМ, а таксама плошча квартала і шчыльнасць радыеактыўнага забруджвання па ^{137}Cs (калі мае месца).

Блок ацэнкі пажарнай небяспекі ляснога фонду змяшчае картаграфічную інфармацыю аб лягасах Гомельскай вобл. і асацыяваную інфармацыю (назва, плошча і г. д.). Увесь карысны функцыянал модуля падзелены па тыпе выконваемых дзеянняў.

Знешні выгляд карты пажарнай небяспекі, якая атрымана з дапамогай ForestFire, прыведзены на рыс. 2. На рыс. 3 паказаны карыстальніцкі інтэрфейс блока ацэнкі пажарнай небяспекі ляснога фонду. Мінімальны набор функцыянальных элементаў закліканы палегчыць працу карыстальніка. Сярод асноўных элементаў прысутнічаюць меню выбару лягаса і даты. Ніжэй размешчаны тры функцыянальныя кнопкі. Візуалізацыя прасторавай інфармацыі адбываецца на кампаненце Tmap, з дапамогай якога прадугледжана выкарыстанне элементаў бібліятэкі ActiveX.

У працэсе распрацоўкі было рэалізавана каля 50 класаў і звыш за 2000 функцый і метадаў: наяўны набор элементаў графічнага інтэрфейсу, класы для доступу да баз даных і інш. Усё гэта дазваляе шырока выкарыстоўваць магчымасці бібліятэкі ActiveX пры распрацоўцы дадатковых блокаў дадатку.

Праграма выкарыстоўвае файлы, у якіх у вектарным фармаце захоўваецца ўся картаграфічная інфармацыя. ESRI Shapefile або проста Shapefile з’яўляецца папулярным вектарным фарматам даных праграмага забеспячэння для геаінфармацыйных сістэм. Гэты фармат распрацоўваецца ESRI як адкрытая спецыфікацыя для ўзаемадзеяння паміж рознымі праграмнымі сродкамі.

Shapefile (Шэйп-файл) звычайна ўяўляе сабой набор файлаў з наступнымі пашырэннямі: «.shp», «.shx», «.dbf». Яны маюць адно і тое ж імя, аднак кожны з іх з’яўляецца неабходным.



Рис. 2. Карта пожарной небезпекі (па стане на лістапад 2018 г.)

Fig. 2. Map of forest fire hazard (November 2018)

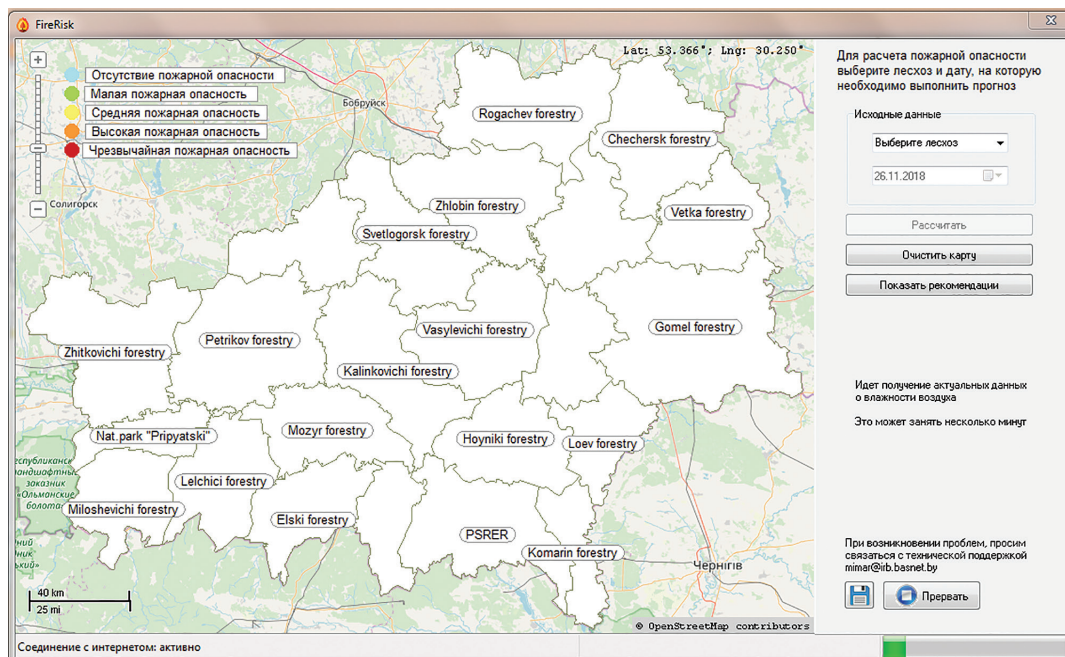
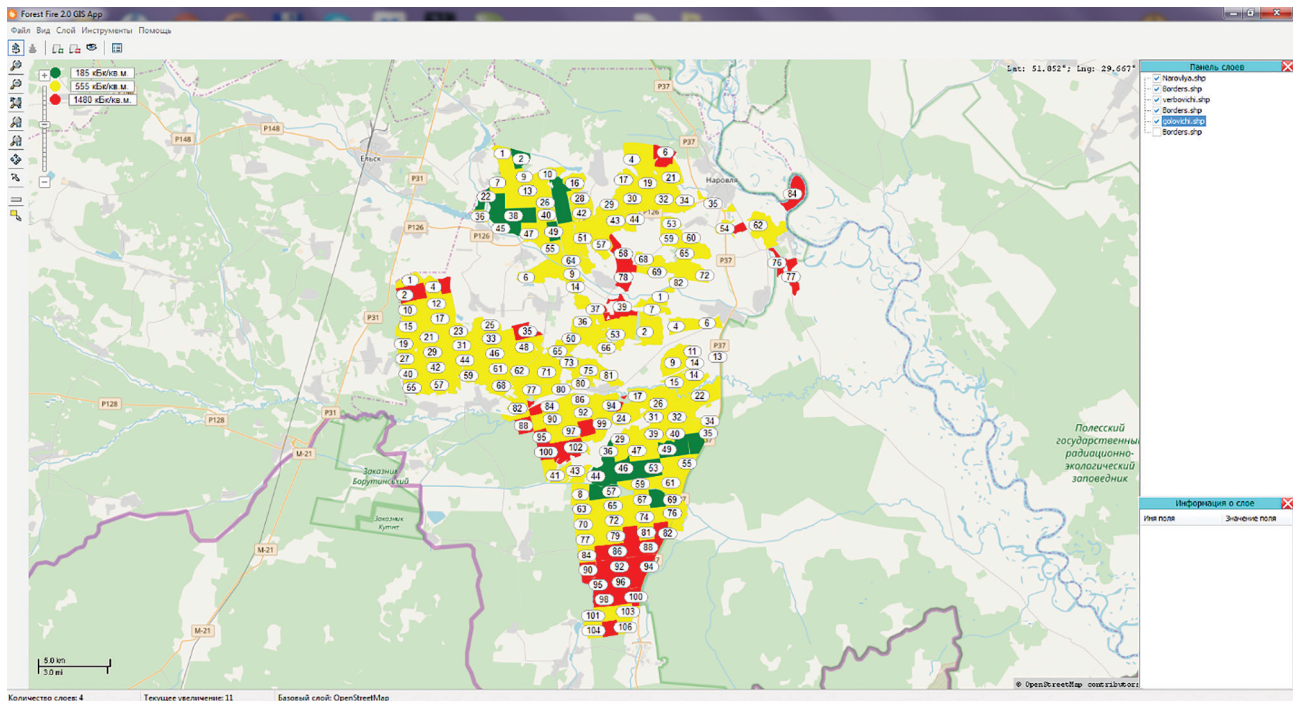


Рис. 3. Приклад працы блока ацэнкі пожарной небезпекі ляснога фонду

Fig. 3. An example of fire risk assessment in Gomel region

Адным з этапаў распрацоўкі была адлічбоўка растравых карт лясніцтваў. У дадатку выкарыстоўваюцца адлічбаваныя карты лясніцтваў у фармаце «.shp». Вектарныя пласты ствараліся пры дапамозе праграмнага прадукту QuantumGIS (Trial) і модуля прывязкі растравых выяў. Такім чынам, стваралася

дакладная вектарная копія карты лясніцтва з прывязкай да рэальных геаграфічных каардынат у праекцыі WGS 84 / Pseudo-Mercator EPSG:3857. На рыс. 4 прыведзены прыклад карты Нараўлянскага спецлясга са з каляровым размежаваннем кварталаў у залежнасці ад шчыльнасці забруджвання тэрыторыі ^{137}Cs .



Рыс. 4. Прыклад адлюстравання Shapefile ў праграме ForestFire GIS App

Fig. 4. An example of Shapefile visualization in ForestFire GIS application

Шэйп-файл змяшчае нетапалагічную геаметрычную і атрыбутыўную інфармацыю для набору аб'ектаў. Геаметрыя аб'екта захоўваецца як форма, якая змяшчае набор вектарных каардынат. Паколькі шэйп-файлы не ўтрымліваюць тапалагічнай надбудовы, яны маюць шэраг пераваг перад іншымі крыніцамі даных, напрыклад, больш хуткая адмалёўка і магчымасць рэдагавання. Шэйп-файлы працуюць з аб'ектамі, якія могуць перакрывацца або зусім не датыкацца. Яны звычайна патрабуюць менш дыскавай памяці і больш простых пры чытанні і запісе.

Шэйп-файлы працуюць з аб'ектамі ў форме кропак, ліній і палігонаў. Палігоны павінны быць прадстаўлены ў выглядзе замкнёных фігур. Атрыбутыўныя даныя ўтрымліваюцца ў фармаце dBase. Кожны запіс базы даных знаходзіцца ў сувязі «адзін к аднаму» з адпаведным запісам аб'екта.

Такім чынам, на дадзенай стадыі распрацоўкі дадатак дае магчымасць:

- працы з характарыстыкамі лясных пажараў на аснове вектарных пластоў карт лясніцтваў;
- выконваць прагноз развіцця радыяцыйна-экалагічнай сітуацыі пры лясных пажарах на радыеактыўна забруджаных тэрыторыях;
- здзяйсняць аўтаматычны разлік бягучага значэння каэфіцыента пажарнай небяспекі з выкарыстаннем іншых даных, загружаных з інтэрнэту, – афарбоўка элементаў вектарнага пласта карты ў адпаведнасці з патрабаваннямі СТБ 1408-2003.

У далейшым плануецца пашырыць існуючы функцыянал і надаць яму новыя магчымасці:

- фарміраванне справаздачы па патэнцыяльных значэннях доз апраменьвання насельніцтва пры ўзнікненні пажару;
- фарміраванне базы даных кліматычных умоў для працы з рэтраспектыўнымі данымі;
- стварэнне дэталёвай распрацоўкі падсістэмы прагназавання развіцця пажару.

Заклучэнне

На сучасны момант дадатак устаноўлены на кафедры лясной гаспадаркі біялагічнага факультэта ва ўстанове адукацыі «Гомельскі дзяржаўны ўніверсітэт імя Ф. Скарыны». Ён праходзіць выпрабавальную праверку ў Гомельскім дзяржаўным вытворчым лесагаспадарчым аб'яднанні.

Такім чынам, акцэнт пры распрацоўцы і тэсціраванні сістэмы ForestFire GIS App зроблены на выяўленні надзённых патрабаванняў карыстальнікаў і разумным праектаванні сістэмы. Яна будзе карысная як у навучальных установах, так і на вытворчых прадпрыемствах лясной гаспадаркі пры яе эксплуатацыі. Неабходна звярнуць увагу на стварэнне прататыпу, які з дапамогай ўсебаковага тэсціравання і дэманстрацыі пераканаў бы карыстальнікаў аб яго надзейнасці і перавагах.

Параўноўваючы ForestFire GIS App з іншымі інфармацыйнымі сістэмамі кіравання пажарамі [12; 13], цалкам відавочна, што існуе шмат значных адрозненняў. Прычына ў тым, што кіраванне ляснымі пажарамі – вельмі шырокая тэма, якая ўключае мноства разнастайных функцый. Функцыі ў інфармацыйнай сістэме кіравання, што заслугоўваюць належнай увагі, шмат у чым адпавядаюць канкрэтным задачам, якія пастаўлены карыстальнікамі. Аднак яны часта значна змяняюцца ў краінах з рознымі кліматычнымі ўмовамі і сацыяльна-эканамічным развіццём грамадства.

Бібліяграфічныя спасылкі

1. Pala S, Taylor D. The foundation for province-wide forest fuel mapping. In: *Proceedings 12th Canadian Symposium on Remote Sensing: July 1989; Vancouver*. Vancouver: [publisher unknown]; 1989. p. 32–38.
2. Ottmar RD., Vihnanek R., Alvarado E. Forest health assessment: air quality tradeoffs. In: *Proceedings 12th International Conference on Fire and Forest Meteorology; 26–28 October 1993; Jekyll Island, Georgia*. Georgia: [publisher unknown]; 1993. p. 47–62.
3. Геоинформационные системы ESRI GIS [Интернет]. [Прочитано 11 октября 2018 г.]. Доступно по: <https://www.esri-cis.ru>.
4. Finney MA. Computational method for optimizing fuel treatment locations. *International Journal Agriculture of Wildland Fire*. 2007; 16:702–711.
5. Finney MA, Ryan KS. Use of the FARSITE fire growth model for fire prediction in US National Parks. In: *Proceedings the International Emergency MGT and Engineering Conference*. Sofia: [publisher unknown]; 1995. 186 p.
6. Kalabokidis K, Xanthopoulos G, Moore P, Caballero D, Kallos G, Llorens J, Roussou O, Vasilakos C. Decision support system for forest fire protection in the Euro-Mediterranean region. *European Journal Forest Research*. 2012; 131:597–608.
7. Akay AE, Wing MG, Sivrikaya F, Sakar D. A GIS-based decision support system for determining the shortest and safest route to forest fires: a case study in Mediterranean Region of Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2012;184(3):1391–1407.
8. Баровик ДВ, Таранчук ВВ. Об особенностях адаптации математических моделей вершинных верховых лесных пожаров. *Вестник БГУ. Серия 1. Физика. Математика. Информатика*. 2010;1:138–143.
9. Усеня ВВ, Гордей НВ, Климчик ГЯ, Мухуров ЛИ. О совершенствовании методики расчета комплексного показателя загораемости лесов по условиям погоды в Республике Беларусь. В: *Современное состояние и перспективы охраны и защиты лесов в системе устойчивого развития. Материалы международной научно-практической конференции; 9–11 октября 2013 г.; Гомель, Беларусь*. Гомель: [б. н.]; 2013. с. 38–40.
10. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование лесных пожаров: *СТБ 1408-2003. Введ. 01.01.04*. Минск: БелГИСС, 2003. 13 с.
11. Дворник АА. Система FORESTFIRE как средство автоматизации расчета пирологических параметров лесных пожаров. В: *Радиация, экология и техносфера. Материалы международной научной конференции; 26–27 сентября 2013 г.; Гомель, Беларусь*. Гомель: [б. н.]; с. 51–53.
12. Butler BW, Finney M, Bradshaw L, Forthofer J, McHugh C, Stratton R, Jimenez D. WindWizard: a new tool for fire management decision support In: *Proceedings of the conference on fuels management – How to measure success*. RMRS-P-41. Ogden. UT: US Department of Agriculture, 2006. 809 p.
13. Lee BS, Alexander ME, Hawkes BC, Lynham TJ, Stocks BJ, Englefield P. Information systems in support of wildland fire management decision making in Canada. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2002;37:185–198.

References

1. Pala S, Taylor D. The foundation for province-wide forest fuel mapping. In: *Proceedings 12th Canadian Symposium on Remote Sensing: 1989 July; Vancouver*. Vancouver: [publisher unknown]; 1989. p. 32–38.
2. Ottmar RD, Vihnanek R, Alvarado E. Forest health assessment: air quality tradeoffs. In: *Proceedings 12th International Conference on Fire and Forest Meteorology; 26–28 October 1993; Jekyll Island, Georgia*. Georgia: [publisher unknown]; 1993. p. 47–62.
3. Geoinformational systems ESRI GIS [Internet]. [Cited 2018 October 11]. Available from: <https://www.esri-cis.ru>.
4. Finney MA. Computational method for optimizing fuel treatment locations. *International Journal Agriculture of Wildland Fire*. 2007;16:702–711.
5. Finney MA, Ryan KS. Use of the FARSITE fire growth model for fire prediction in US National Parks. In: *Proceedings the International Emergency MGT and Engineering Conference*. Sofia: [publisher unknown]; 1995. 186 p.
6. Kalabokidis K, Xanthopoulos G, Moore P, Caballero D, Kallos G, Llorens J, Roussou O, Vasilakos C. Decision support system for forest fire protection in the Euro-Mediterranean region. *European Journal Forest Research*. 2012;131: 597–608.
7. Akay AE, Wing MG, Sivrikaya F, Sakar D. A GIS-based decision support system for determining the shortest and safest route to forest fires: a case study in Mediterranean Region of Turkey. *Environmental Monitoring Assessment*. 2012; 184(3):1391–1407.
8. Barovik DV, Taranchuk VB. About the features of crown forest fires math models adaptation. *Vestnik BGU. Seriya 1. Fizika. Matematika. Informatika*. 2010;1:138–143. Russian.

9. Usenya VV, Gordey NV, Klimchik GY, Mukhurov LI. About the improvement of the method for calculating weather based indicator of forest burnability in the Republic of Belarus. In: *Sovremennoe sostoyanie i perspektivy jhrany i zashchity lesov v sisteme ustojchivogo razvitiya. Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii; 9–11 oktyabrya 2013 g.; Gomel, Belarus* [Modern State of Forest Protection Management in the Frame of Sustainability. Proceeding of the conference; 2013 October 9–11; Gomel, Belarus]. Gomel: [publisher unknown]; 2013. p. 38–40. Russian.

10. Safety in emergency situations. Forest fire monitoring and forecasting. *STB 1408-2003*. Minsk: BelGISS; 2003.13 p. Russian.

11. Dvornik AA. FORESTFIRE system as a tool for calculating pyrological parameters of forest fires. In: *Radiaziya, ekologiya i tekhnosfera. Materialy mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii; 26–27 sentyabrya 2013; Gomel, Belarus* [Radiation, ecology and technosphere. Proceeding of the conference; 2013 September 26–27; Gomel, Belarus]. Gomel: [publisher unknown]; 2013. p. 51–53. Russian.

12. Butler BW, Finney M, Bradshaw L, Forthofer J, McHugh C, Stratton R, Jimenez D. WindWizard: a new tool for fire management decision support In: *Proceedings of the conference on fuels management—How to measure success. RMRS-P-41*. Ogden, UT: US Department of Agriculture; 2006. 809 p.

13. Lee BS, Alexander ME, Hawkes BC, Lynham TJ, Stocks BJ. Englefield PInformation systems in support of wildland fire management decision making in Canada. *Computers and Electronice in Agriculture*. 2002;37:185–198.

Статья поступила в редколлегию 22.04.2019.

Received by editorial board 22.04.2019.