



Zastosowanie technologii GIS w monitoringu pospolitych ptaków lęgowych – projekt aplikacji mobilnej

*Use of GIS technology in the common breeding bird
monitoring – project of the mobile application*

Oskar GRASZKA^{1,2}, Katarzyna OSIŃSKA-SKOTAK¹

¹Politechnika Warszawska
Wydział Geodezji i Kartografii
Zakład Fotogrametrii, Teledetekcji i Systemów Informacji Przestrzennej
k.osinska-skotak@pw.edu.pl

²PRYZMAP
oskar.graszka@gmail.com

Streszczenie

Ptaki są powszechnie uznawane za dobre bioindykatory stanu całego środowiska przyrodniczego, czy stanu określonych ekosystemów. W wielu państwach członkowskich Unii Europejskiej, odpowiednio dobrane indeksy liczebności ptaków traktowane są jako wskaźniki stanu różnorodności biologicznej. Również zapisy Dyrektywy Ptasiej nakładają na państwa członkowskie wymóg ochrony ptaków. Stąd między innymi wynika konieczność prowadzenia monitoringu populacji ptaków. W Polsce prowadzi się różne rodzaje inwentaryzacji ornitologicznych, które różnią się pod względem celu, charakteru zbieranych danych, metody ich zbierania, zasięgu powierzchni próbnych oraz inwentaryzowanych grup gatunków. Najliczniejszą grupą inwentaryzacji są tzw. cenzusy, będące podprogramami Monitoringu Ptaków Polski, który jest elementem Państwowego Monitoringu Środowiska. Celem opracowania jest przedstawienie aplikacji mobilnej opracowanej – w środowisku *open source* – na potrzeby Monitoringu Pospolitych Ptaków Lęgowych (MPPL). Stworzona aplikacja stanowi alternatywę dla klasycznych metod wykonywania inwentaryzacji ornitologicznych, których podstawowym mankamentem jest prowadzenie notatek na mapach i formularzach papierowych, co w warunkach polowych, przy zmiennej aurze jest kłopotliwe. Ponadto archiwizowane w tej formie cenzusy po latach są nieczytelne. Zaprojektowana aplikacja MPPL pozwala m.in. w szybki i wygodny sposób wprowadzać dane georeferencyjne (m.in. obserwacje ptaków, gniazd, ssaków) do specjalnie zaprojektowanej bazy danych, edycję siedlisk, odsłuchiwanie głosów ptaków w terenie, generowanie raportów (formularz liczenia, karta opisu siedliska, formularze zbiorcze obserwacji). Testy przeprowadzone w terenie wykazały wysoką przydatność zaprojektowanej aplikacji oraz intuicyjność zastosowanych rozwiązań.

Abstract

Birds are widely acknowledged as good bioindicators of the state of the entire natural environment or the state of particular ecosystems. In many Member States of the European Union, properly selected indexes of bird numbers as indicators of the biodiversity state are treated. The provisions of the Birds Directive also require Member States to monitor populations and protect birds. In Poland, various types of ornithological inventory are carried out. They differ in terms of purpose, nature of methods and type collected data, range of sample plots and inventoried groups of species. The most numerous inventory group are so-called census, being subroutines of Polish Bird Monitoring, which is an element of the State Environmental Monitoring.

The aim of this study is to present a mobile application developed – in an open source software – for the purposes of Common Breeding Birds Monitoring Scheme (CBBMS). This application is an alternative to classical methods of ornithological inventory. The main drawback of classical methods is keeping notes on maps and paper forms, which is troublesome in field conditions, during variable weather. In addition, after many years materials archived in this form are unreadable. The designed CBBMS application allows, among others, in a fast and convenient way to enter geo-referenced data (including observations of birds, nests, mammals) to a specially designed database, editing habitats, listening to birds' voices in the field, generating reports (counting form, habitat description card, collective observation forms). Field tests have demonstrated the high suitability of the designed application and the intuitiveness of the solutions used.

Key words: The Common Breeding Bird Monitoring Scheme, CBBMS, bird monitoring, mobile application, biodiversity, QGIS plug-in

Słowa kluczowe: Monitoring Pospolitych Ptaków Lęgowych, MPPL, monitoring ptaków, aplikacja mobilna, bioróżnorodność, wtyczka do QGIS

Wprowadzenie

Jednym z największych problemów współczesnej ekologii jest zmniejszająca się różnorodność biologiczna, w tym zarówno malejąca różnorodność ekosystemów, jak i – powodowana fragmentacją siedlisk – malejąca różnorodność genetyczna wewnątrz populacji. Zatrzymanie spadku różnorodności biologicznej i ochrona ekosystemów naturalnych jest jednym ze strategicznych celów Unii Europejskiej (Ostasiewicz i in., 2011). Aby było możliwe dokonanie oceny stanu bioróżnorodności konieczne jest jednak stosowanie odpowiednich, stosunkowo łatwo mierzalnych wskaźników, które umożliwią weryfikację podejmowanych środków ochrony różnorodności ekosystemów (Gregory i in., 2007; Villard i Jonsson, 2009). Bioróżnorodność środowiska oceniana jest w oparciu o różne wskaźniki, świadczące również o ogólnym stanie środowiska. Wskaźniki te opisują tendencje z zakresu różnorodności biologicznej, a ich wartości ustalane są na podstawie zmian populacji grupy wybranych gatunków. Każdy ekosystem ma swoją grupę gatunków wskaźnikowych dobieraną w taki sposób, by wyliczony wskaźnik jak najlepiej oddawał zmiany zachodzące w ekosystemie. Bardzo ważną część takich gatunków wskaźnikowych (bioindykatorów) stanowią ptaki. Wskaźnik Liczebności Pospolitych Ptaków Krajobrazu Rolniczego (ang. *Farm-land Bird Index*), najbardziej znany i najpowszechniej używany ptasi wskaźnik, jest jednym z oficjalnie stosowanych wskaźników stanu środowiska w krajach członkowskich Unii Europejskiej (GIOŚ, 2015). Jest on uśrednionym wskaźnikiem liczebności 22 gatunków ptaków charakterystycznych dla krajobrazu rolniczego i oddaje dynamikę jego zmian, wynikającą z intensyfikacji rolnictwa i zmian klimatycznych. Uzyskanie reprezentatywnych wskaźników liczebności nie byłoby możliwe bez wieloletnich programów monitoringu ptaków. Takie programy jak Monitoring Ptaków Polski są także częścią systemu ochrony ptaków, która zgodnie z *dyrektywą 2009/147/WE z 30 listopada 2009 r. w sprawie ochrony dzikiego ptactwa* jest obowiązkiem każdego państwa Unii Europejskiej.

W Polsce prowadzi się różne rodzaje inwentaryzacji ornitologicznych, które różnią się pod względem celu,

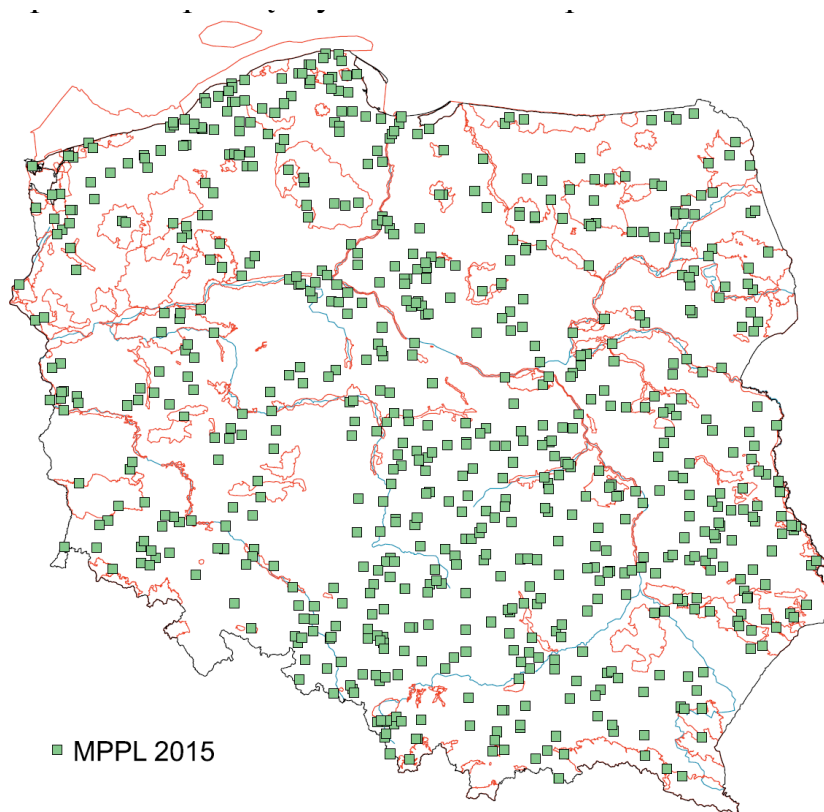
charakteru zbieranych danych, metody ich zbierania, zasięgu powierzchni próbnych oraz inwentaryzowanych grup gatunków. Najliczniejszą grupą inwentaryzacji są tzw. cenzusy, będące podprogramami Monitoringu Ptaków Polski, który jest elementem Państwowego Monitoringu Środowiska. Można tu wyróżnić m.in. programy Monitoringu Pospolitych Ptaków Lęgowych, Monitoringu Rzadkich Dzięciołów, Monitoringu Ptaków Drapieżnych, czy też monitoring pojedynczych gatunków.

Analizując stosowane metody prowadzenia cenzusów ornitologicznych, można zauważyć, że dane, jakimi się w nich operuje, są danymi przestrzennymi. Wszystkie dane i materiały niezbędne do dokładnego prowadzenia inwentaryzacji (jak mapy, granice powierzchni kontrolnych lub transekty) to także dane przestrzenne. Jednak inwentaryzacje te wciąż prowadzi się wykonując notatki w terenie na papierowych formularzach i mapach. Bardzo często dalszy proces analizy zebranych danych wymaga ręcznego ich przepisania, co może generować błędy i znacząco wydłuża czas opracowania wyników monitoringu ornitologicznego. Dlatego też celem niniejszego opracowania było stworzenie cyfrowego narzędzia usprawniającego inwentaryzację ornitologiczną w terenie – narzędzia w technologii GIS, które ułatwi zarówno pracę terenową, jak i raportowanie wyników.

Monitoring pospolitych ptaków lęgowych

Monitoring Pospolitych Ptaków Lęgowych (MPPL) jest jednym z osiemnastu podprogramów Monitoringu Ptaków Polski, prowadzonego od 2007 r. na zlecenie Głównego Inspektora Ochrony Środowiska. Realizowany jest przez Ogólnopolskie Towarzystwo Ochrony Ptaków¹. W ramach MPPL corocznie ponad 300 wykwalifikowanych wolontariuszy prowadzi inwentaryzację ok. 560 powierzchni próbnych rozmieszczonych równomiernie na terytorium kraju (Ryc. 1). Powierzchnie te mają kształt kwadratów o bokach 1 km i są reprezentacją wszystkich występujących w kraju siedlisk. Za przydzielanie pól

¹ www.otop.org.pl



Ryc. 1. Rozmieszczenie powierzchni próbnych kontrolowanych przynajmniej jeden raz w latach 2014–2015 w ramach Monitoringu Pospolitych Ptaków Lęgowych w roku 2015. Obrysami zaznaczono obszary specjalnej ochrony ptaków Natura 2000 (Chodkiewicz i in., 2016)

Fig. 1. Distribution of sample surfaces controlled at least once in 2014–2015 in the framework of the Monitoring of Common Breeding Birds in 2015. Red polygons – areas of special protection of birds Natura 2000 (Chodkiewicz et al., 2016)

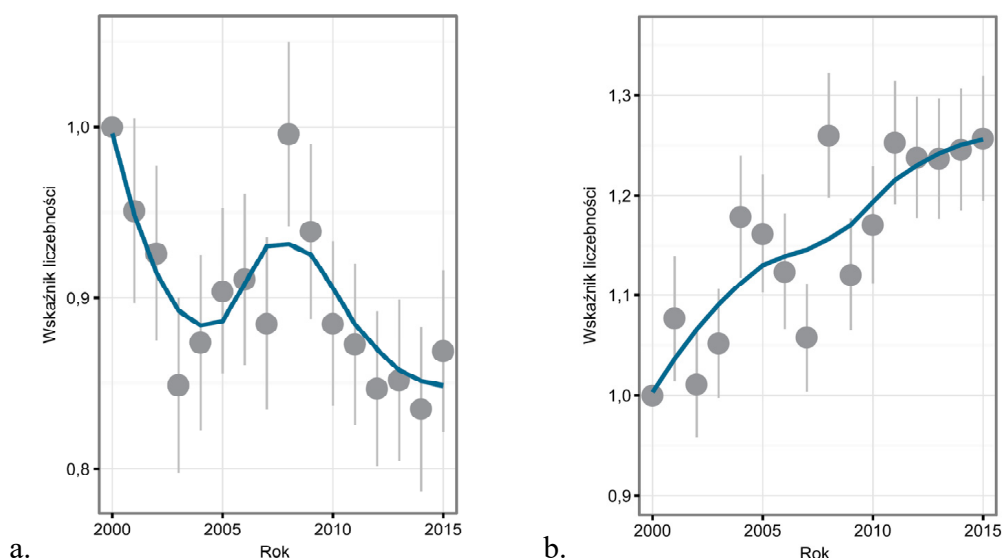
kontrolnych wolontariuszom i zbieranie danych odpowiadają koordynatorzy regionalni. Każdy obserwator otrzymuje komplet materiałów dotyczący powierzchni testowej. Materiały te obejmują Instrukcję Liczenia, dwa Formularze Zbiornicze, Kartę Opisu Siedlisk, dwa Formularze Liczenia, mapę lokalizacji powierzchni w skali 1:100 000 oraz szczegółową mapę kwadratu w skali 1:10 000. Każde pole testowe ma dokładnie określone transekty, po których musi poruszać się obserwujący. Transekty są wytyczane tak, by w miarę możliwości pokrywały się ze ścieżkami i drogami, każdy transekt powinien być podzielony na dwustumetrowe odcinki. W przypadku powierzchni, na których inwentaryzacja jest prowadzona po raz pierwszy, obserwator sam musi ustalić przebieg transektów, a dokładne informacje o ich przebiegu przesłać regionalnemu koordynatorowi. Podczas obserwacji terenowych notowane są wszystkie gatunki. Podczas pierwszej wizyty w terenie obserwator powinien zapamiętać, w których miejscach znajdują się granice między tymi odcinkami, a nawet oznaczyć je w terenie za pomocą kółek. Wolontariuszom posiadającym odbiorniki GPS zaleca się rejestrację punktów podziału i zapis ich współrzędnych na Karcie Opisu Siedlisk.

Inwentaryzacja w ramach MPPL wymaga trzech wizyt w terenie. W czasie pierwszej z nich, wykonywanej najpóźniej 15. maja, obserwatorzy zapoznają się z warunkami terenowymi powierzchni, wytyczają transekty i wykonują rejestrację siedlisk. Siedliska opisywane w dwudziestopięciometrowym otoczeniu wyznaczonych wcześniej odcinków i nanoszone na Kartę Opisu Siedlisk za pomocą przyjętych w MPPL kodów. Wymagane

jest określenie siedliska pierwszego (podstawowego) transektu idealnego oraz transektu, po którym rzeczywiście przemieszcza się obserwator. Natomiast rubryki drugiego siedliska (dodatkowego) uzupełnia się opcjonalnie. Kodowanie siedlisk przewiduje cztery poziomy dokładności opisu siedliska.

Pozostałe dwie wizyty terenowe polegają na liczeniu ptaków w trakcie przemarszu transektami. Pierwsze liczenie (wczesnowiosenne) odbywa się między 10. kwietnia a 15. maja. Drugie (późnowiosenne) między 16. maja a 30. czerwca. Oba liczenia powinny zostać wykonane w odstępie co najmniej czterech tygodni. Pierwsze liczenie powinno dzięki temu przypaść na szczyt aktywności ptaków osiadłych, a drugie w czasie większej aktywności ptaków migrujących. Dobrą praktyką jest prowadzenie obserwacji co roku w podobnych terminach o tej samej godzinie, możliwie jak najbliżej świtu. Obserwator, maszerując po transektach, rejestruje obserwacje ptaków, gniazd i ssaków z uwzględnieniem stref odległości od transektu oraz godzin wejść i zejść z transektów. Po zakończonym wiosennym okresie inwentaryzacji wolontariusze odsyłają uzupełnione formularze do koordynatorów lub do centrali OTOP.

Monitoring Pospolitych Ptaków Lęgowych ma na celu dostarczanie danych na temat zmian liczebności ptaków oraz czynników za to odpowiedzialnych. Dane te uznawane są za względne i służą głównie do wyznaczania wskaźników opisujących stan środowiska. Do wskaźników tych zaliczają się zarówno wskaźniki liczebności poszczególnych gatunków, jak i zagregowane wskaźniki opisujące trendy w grupach ekologicznych ptaków. Najważniejsze z nich to wskaźnik liczebności



Ryc. 2. Zmiany wartości zagregowanego wskaźnika liczebności pospolitych ptaków krajobrazu rolniczego (*Farmland Bird Index*) (a) oraz zmiany wartości zagregowanego wskaźnika liczebności pospolitych ptaków leśnych (*Forest Bird Index*) (b) w latach 2000–2015. Punkty oznaczają wartości dla poszczególnych lat, wąsy ± 1 błąd standardowy. Linia niebieską zaznaczono trend dopasowany za pomocą funkcji *loess* (źródło: Chodkiewicz i in., 2016)

Fig. 2. Changes in the *Farmland Bird Index* (a) and in the *Forest Bird Index* (b) in 2000-2015. Points indicate values for individual years, mustache ± 1 standard error. The blue line indicates a trend adjusted by the *loess* function (source: Chodkiewicz et al., 2016)

pospolitych ptaków krajobrazu rolniczego (ang. *Farmland Bird Index*) (Ryc. 2a), wskaźnik liczebności pospolitych ptaków leśnych (ang. *Forest Bird Index*) (Ryc. 2b) oraz zagregowany indeks 110 pospolitych gatunków ptaków (Chodkiewicz i in., 2013). Wskaźniki te służą do oceny zmian zachodzących w populacji ptaków na różnych obszarach (Ryc. 2).

Z ich analizy wynika, że w latach 2000-2015 wskaźnik liczebności pospolitych ptaków krajobrazu rolniczego (Ryc. 2a) pozostawał na poziomie o kilkanaście procent niższym niż w roku 2000 (traktowanym jako rok referencyjny) (Chodkiewicz i in., 2016). Jedynie w roku 2008 zanotowano podobny poziom liczebności ptaków. Wskazuje to na niekorzystną sytuację ptaków związanych z krajobrazem rolniczym i konieczność podjęcia kroków w celu zachowania bioróżnorodności terenów rolnych. Z kolei wskaźnik liczebności 34 gatunków pospolitych ptaków leśnych (Ryc. 2b) układał się już piąty rok z rzędu na poziomie o około 25% wyższym niż w roku referencyjnym (Chodkiewicz i in., 2016). W latach 2008-2010 wzrost ten kształtował się na poziomie ok. 15% wyższym niż w 2000 r. Jednak był on spowodowany wyłącznie silnym, 40-procentowym wzrostem wartości tego wskaźnika na powierzchniach położonych na obszarach chronionych jako OSO w sieci Natura 2000 (Ostasiewicz i in., 2011). Na pozostałym obszarze kraju na ogół wskaźnik wskazywał na stabilizację populacji ptaków krajobrazu rolniczego (Ostasiewicz i in., 2011). Oznacza to zatem skuteczność ochrony realizowanej w ramach programu NATURA 2000.

Projektowanie aplikacji mobilnej MPPL

Założenia metodyczne realizacji aplikacji mobilnej MPPL

Celem opracowania było usprawnienie inwentaryzacji ornitologicznej wykonywanej w ramach MPPL poprzez wykorzystanie technologii GIS i zaprojektowanie specjalnej aplikacji. Dotychczas, w przypadku poszczególnych inwentaryzacji ornitologicznych, wykorzystywano narzędzia GIS jedynie w celu przetwarzania lub prezentacji ich wyników. Zbieranie danych odbywało się jednak w sposób analogowy, przez wypełnianie wydrukowanych formularzy lub nanoszenie obserwacji na przygotowaną mapę. Podstawowym założeniem proponowanego rozwiązania jest usprawnienie inwentaryzacji poprzez wprowadzenie technologii GIS do procesu zbierania danych w terenie. Warunkiem koniecznym do wprowadzenia tej technologii jest zastąpienie papierowych formularzy laptopami i tabletami z oprogramowaniem GIS. Proponowane usprawnienia obejmują nie tylko wykorzystanie sprzętu i oprogramowania, ale przede wszystkim wykorzystanie aplikacji dedykowanej konkretnej metodzie prowadzenia inwentaryzacji.

Przystępując do prac nad projektem aplikacji MPPL dokonano szczegółowej analizy metody prowadzenia inwentaryzacji ornitologicznej w ramach Monitoringu Pospolitych Ptaków Lęgowych (OTOP, 2011a-f). W jej wyniku stwierdzono, że tworzona aplikacja mobilna musi:

- Obsługiwać bazy danych wybranego systemu zarządzania bazami danych zawierającymi dane przestrzenne.
- Umożliwiać edycję tabel dedykowanej bazy danych.

- Umożliwiać dodawanie z bazy danych do widoku mapy warstw, które mają odniesienie przestrzenne. Wyświetlać je z wykorzystaniem stylów opartych na ogólnie przyjętych w inwentaryzacji ornitologicznej sygnaturach.
- Uwzględniać możliwość ustawienia mapy bazowej projektu z pliku rastrowego lub za pomocą serwisów WMS (przy założeniu dostępności Internetu w terenie).
- Zapewniać rejestrację i edycję siedlisk zgodnej z dotychczasowym sposobem inwentaryzacji siedlisk w MPPL. Rejestracja powinna być uproszczona i usprawniona poprzez wybór dostępnych opcji z list wyboru na każdym poziomie opisu siedliska.
- Umożliwiać szybkie i sprawne wypełnianie formularza liczenia z wykorzystaniem rozwijalnych list z wartościami tabel słownikowych bazy danych (warunki prowadzenia kontroli), a także automatyczne wypełnianie daty i godzin kontroli.
- Zapewniać rejestrację obserwacji z podziałem na statyczne i dynamiczne (z określeniem czy zaobserwowano poderwanie do lotu) oraz podziałem na obserwacje ptaków, ssaków lub gniazd (z określeniem czy gniazdo jest zamieszkałe). Interfejs modułu aplikacji odpowiadającego za wprowadzanie obserwacji do bazy danych ma w największym możliwym stopniu zapewniać szybkość i łatwość tej operacji. Nazwy gatunków muszą być wybierane z list wyboru uporządkowanych alfabetycznie, liczność obserwacji z wykorzystaniem pól liczbowych, a pozostałe cechy za pomocą pól wyboru. Pojedynczy punkt, narysowany na mapie, program powinien rozpoznawać jako wprowadzenie obserwacji statycznej, natomiast linia składająca się z większej liczby punktów powinna być automatycznie interpretowana jako wprowadzenie obserwacji dynamicznej.
- Zapewniać współpracę z odbiornikiem GPS, co pozwoli na wyświetlanie pozycji obserwatora na podkładzie mapy bazowej w czasie rzeczywistym oraz rejestrację jego trasy. Program ma też przewidywać możliwość rejestracji obserwacji statycznej poprzez podanie jej położenia względem aktualnej pozycji obserwatora.
- Umożliwiać odsłuchiwanie głosów ptaków w terenie z przygotowanej wcześniej bazy reprezentatywnych głosów.
- Zapewniać generowanie raportów możliwie jak najbardziej spójnych z raportami dotychczas tworzonymi w ramach MPPL. W tym celu aplikacja ma tworzyć strefy odległości od transektów i klasyfikować do nich obserwacje. Musi też pobierać i transformować współrzędne odcinków oraz wyszukiwać w bazie danych wartości odpowiednich pól.

Metodyka realizacji

Pierwszy etap realizacji omówionych założeń to projektowanie i implementacja bazy danych przestrzennych. Etap ten rozpoczyna się od procesu zwanego

modelowaniem pojęciowym, które w tym wypadku polegało na wnikliwej analizie metodologii realizacji Monitoringu Pospolitych Ptaków Lęgowych oraz określeniu zbioru danych uzyskiwanych w wyniku kontroli, danych niezbędnych do jej przeprowadzenia i zależności między danymi. Modelowaniu podlegają tutaj zarówno zupełnie abstrakcyjne (niematerialne) elementy świata rzeczywistego (np. kontrola lub zmiana siedliska), jak i fragmenty rzeczywistości wyodrębnione sztucznymi granicami (powierzchnia kontrolna) lub przedmioty będące samodzielnymi ciałami fizycznymi uchwyconymi w pewnym przedziale czasu (obserwacja ptaka). Należy następnie opisać geometryczną reprezentację wyodrębnionych obiektów za pomocą przyjętego w geoinformatyce zbioru pojęć. Modelowanie pojęciowe odbywa się przede wszystkim w umyśle projektanta bazy, ale do tego etapu zalicza się także tworzenie schematów i opisów, do których nie użyto jeszcze formalnego języka zapisu bazy danych.

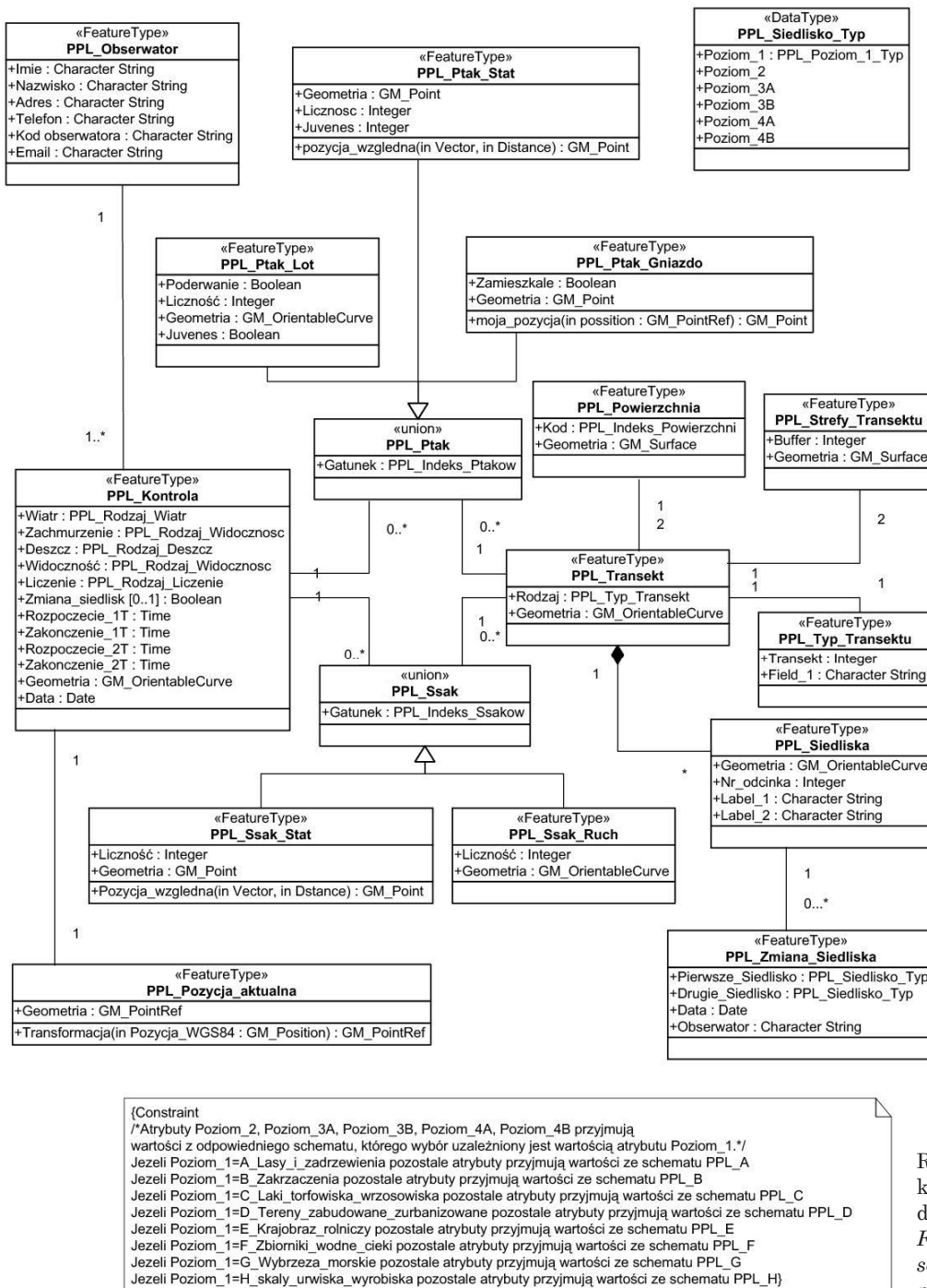
Kolejnym etapem modelowania jest modelowanie logiczne. W jego efekcie powstaje schemat aplikacyjny będący formalnym zapisem modelu pojęciowego (Parzyński, 2010). Na podstawie analizy danych oraz metod ich gromadzenia i przechowywania w ramach Monitoringu Pospolitych Ptaków Lęgowych sporządzony został schemat pojęciowy projektowanej bazy danych. Zakłada on utworzenie klasy reprezentującej powierzchnie kontrolne, przechowującej kod powierzchni oraz jej geometrię (poligon). Każdej powierzchni przyporządkowane są dwa transekty. Klasie zawierającej geometrię transektu przyporządkowane są dwie strefy transektu. Każdy transekt połączony jest także z jednym obiektem klasy zawierającej typ transektu (od tego czy jest to transekt pierwszy czy drugi zależy kolejność ich pokonywania). Transekty powiązane są także z odcinkami, dla których opisywane są siedliska. Geometria tych odcinków tworzona jest przez podział geometrii transektu. Nie jest możliwe zaistnienie obiektu klasy siedlisk, jeśli nie istnieje odpowiedni transekt, do którego miałby należeć ten obiekt. Każdy z transektów musi także mieć swój zestaw odcinków z siedliskami. Zatem transekt jest kompozycją odcinków, dla których opisuje się siedliska. Do tych odcinków przyporządkowane są zmiany siedlisk. Jeśli siedlisko nie zostało nigdy zinwentaryzowane, odcinek nie może mieć żadnego powiązanego obiektu zmiany siedliska. Każda zmiana siedliska na danym odcinku powoduje pojawienie się kolejnego obiektu w tej klasie, tworząc historię siedlisk (zachowywana jest w niej informacja o obserwatorze i dacie zmiany siedliska). Kolejną klasą bazy jest kontrola. Zawiera przeprowadzone kontrole – obserwacje terenowe, a każdy obiekt przechowuje wszystkie wymagane w formularzach MPPL warunki kontroli terenowej oraz trasę, po jakiej poruszał się obserwator (krzywa zorientowana). Dla wszystkich atrybutów opisujących warunki kontroli powinny zostać utworzone słowniki z dopuszczalnymi wartościami (zgodnie z instrukcjami MPPL, OTOP, 2011d). Każdą przeprowadzoną kontrolę musi łączyć asocjacja z rekordem klasy obserwatorów. Geometria

kontroli jest budowana podczas przemieszczania się obserwatora po transekcie i polega na wydłużaniu linii śladu o kolejny węzeł reprezentujący aktualną pozycję obserwatora. Obserwacje ptaków są łączone asocjacją zarówno z kontrolą, jak i transeptem, z którego wykonano obserwację. Obserwacje te są zdefiniowane w trzech klasach (ptaki siedzące, ptaki w locie, gniazda) z wymaganymi w inwentaryzacji atrybutami i są agregowane do jednej klasy przechowującej informacje o gatunku obserwowanego ptaka. Analogicznie wygląda schemat klas związanych z obserwacjami ssaków (obserwacje statyczne, obserwacje w ruchu). Słowniki służące do kodowania siedlisk powinny być zorganizowane w taki sposób, by kody kolejnych poziomów kodowania zależ-

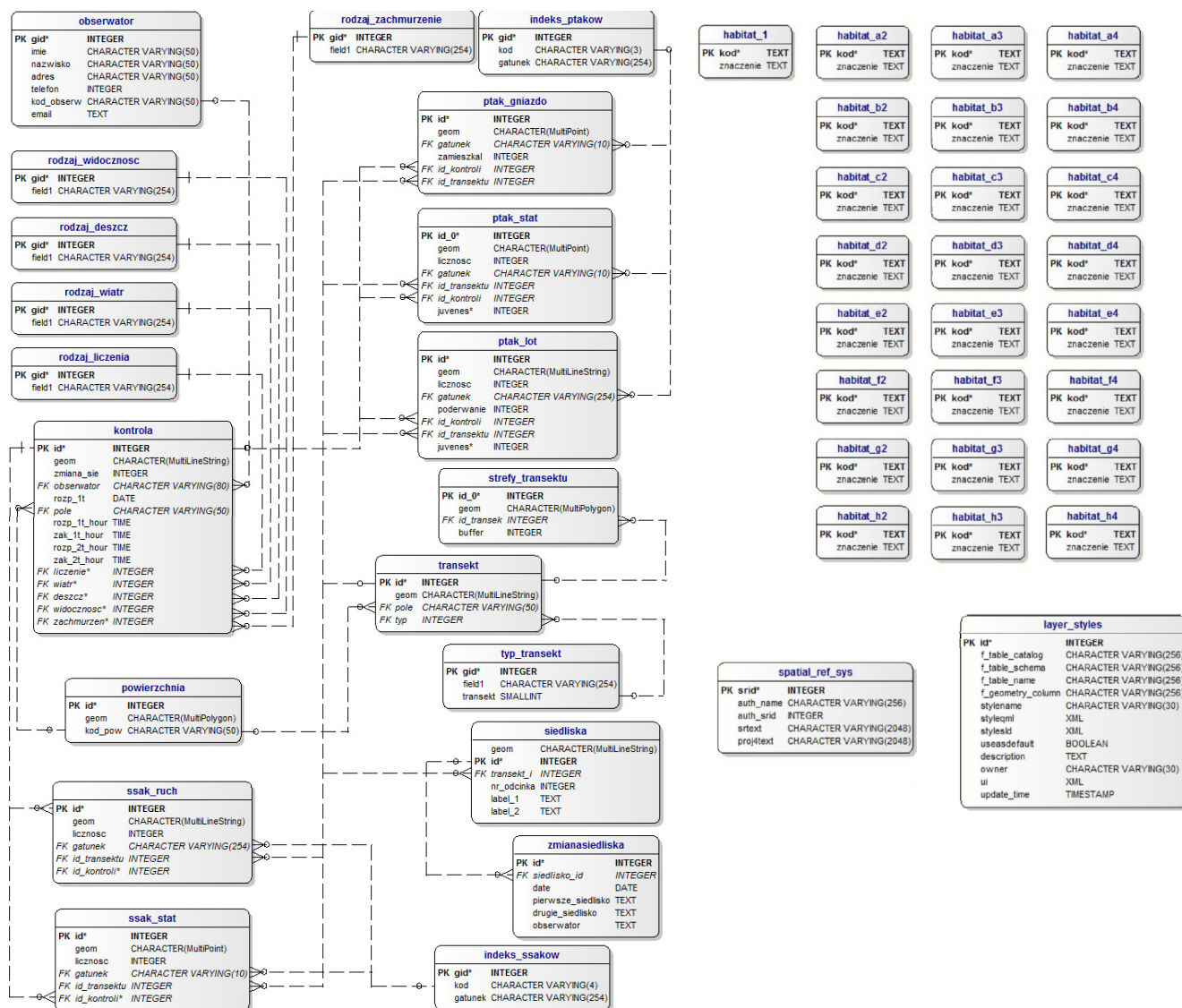
niły od wybranego poziomu pierwszego (OTOP, 2011d). Na podstawie zaprezentowanego modelu pojęciowego powstał model logiczny.

Schemat aplikacyjny został stworzony w języku UML (ang. Unified Modeling Language, jego fragment przedstawiono na ryc. 3) i stał się podstawą do implementacji bazy danych w środowisku PostgreSQL. W ten sposób powstała relacyjna baza danych opisana schematem w notacji IDEF1X (ang. Integration DEFINition for Information Modeling) (Ryc. 4).

Tabele bazy danych zawierające geometrię powstały poprzez import wcześniej stworzonych plików *ShapeFile*. Taki import można przeprowadzić za pomocą menadżera baz danych programu QGIS lub wtyczki



Ryc. 3. Fragment schematu aplikacyjnego zaprojektowanej bazy danych w języku UML
Fig. 3. Part of the application schema of the designed database, prepared in UML



Ryc. 4. Schemat zaimplementowanej relacyjnej bazy danych w notacji IDEF1

Fig. 4. Scheme of the implemented relational database, in IDEF1 notation

w programie PostgreSQL. Geometria obiektów zapisywana jest w kolumnie geom, która przechowuje dane typu geometry. W tym przypadku jest to *MultiLineString* o współrzędnych węzłów w układzie EPSG 218031, czyli Państwowym Układzie Współrzędnych Geodezyjnych 1992. Układ ten został wybrany jako układ współrzędnych wszystkich georeferencyjnych tabel bazy danych MPPL jako najodpowiedniejszy układ współrzędnych prostokątnych, obejmujący zasięgiem całą Polskę. W definicji tabel znajdują się także opisy pozostałych kolumn (atrybutów) oraz ograniczeń (CONSTRAINT) dotyczących wartości kolumn zawierających klucze obce innych tabel. Komunikację z bazą danych z poziomu aplikacji zapewnia wykorzystanie w kodzie programu komend biblioteki *psycopg*. Biblioteka ta zapewnia połączenie z bazą danych PostgreSQL oraz przekazywanie do niej poleceń w języku SQL.

Oprogramowanie wykorzystane do wykonania wtyczki MPPL

QGIS jest otwartoźródłowym oprogramowaniem licencjonowanym na warunkach *General Public License*. Za projekt ten odpowiedzialna jest *Open Source Geospatial Foundation (OSGeo)*. Tworzenie własnej wtyczki w oprogramowaniu QGIS należy zrealizować za pomocą specjalnie do tego przygotowanej wtyczki *PluginBuilder*. Po wypełnieniu w oknie dialogowym wszystkich niezbędnych metadanych dla nowej wtyczki *PluginBuilder* tworzy w ustalonej lokalizacji wszystkie pliki specyficznej struktury wtyczki, w tym domyślną ikonę wtyczki, plik, w którym rozwijany jest jej kod źródłowy oraz plik definiujący środowisko graficzne modułu (ang. *graphical user interface*). Dalsza praca nad projektowaną wtyczką polega na rozwijaniu jej kodu oraz interfejsu graficznego. Przykładowe fragmenty skryptów zapewniające podstawową wiedzę o programowaniu w Pythonie na potrzeby projektowania wtyczek można znaleźć na stronie

internetowej projektu QGIS w instrukcji *PyQGIS Developer Cookbook* (<http://docs.qgis.org>).

Do napisania aplikacji MPPL wykorzystano edytor JEdit, a do jej budowy wykorzystano zestaw bibliotek Qt wraz z nakładką PyQt (umożliwiająca użycie bibliotek Qt w programach pisanych w Pythonie) zapewniających tworzenie interfejsu graficznego, odtwarzanie plików dźwiękowych oraz generowanie raportów PDF. Wykorzystano również, wchodzącą w skład pakietu Qt, aplikację graficzną ułatwiającą definiowanie graficznego interfejsu okna aplikacji.

Do zarządzania bazą danych wybrano system PostgreSQL, do współpracy z którym oprogramowanie QGIS jest najlepiej przygotowane. Rozszerzenie PostGIS daje możliwość przechowywania w bazach systemu PostgreSQL danych przestrzennych, a co najważniejsze dzięki zestawowi specjalnych instrukcji dodaje możliwość ich przetwarzania. Komunikację z systemem PostgreSQL zapewnia dedykowana językowi Python biblioteka interfejsu *psycopg2*. Zawiera ona funkcje zapewniające przekazywanie do systemu zarządzania bazą danych instrukcji w języku zapytań SQL. Do tworzenia i zarządzania bazą danych wykorzystano także popularny program do obsługi baz danych PgAdmin III z wygodnym interfejsem graficznym. Część tabel mających odniesienie przestrzenne została stworzona poprzez import wcześniej przygotowanych danych w formacie shapefile (narzędzia służące do tego dostępne są zarówno w programie PgAdmin, po zainstalowaniu rozszerzenia PostGIS, jak i w najnowszych wersjach QGIS w menu Bazy danych).

Opis funkcjonalności aplikacji MPPL

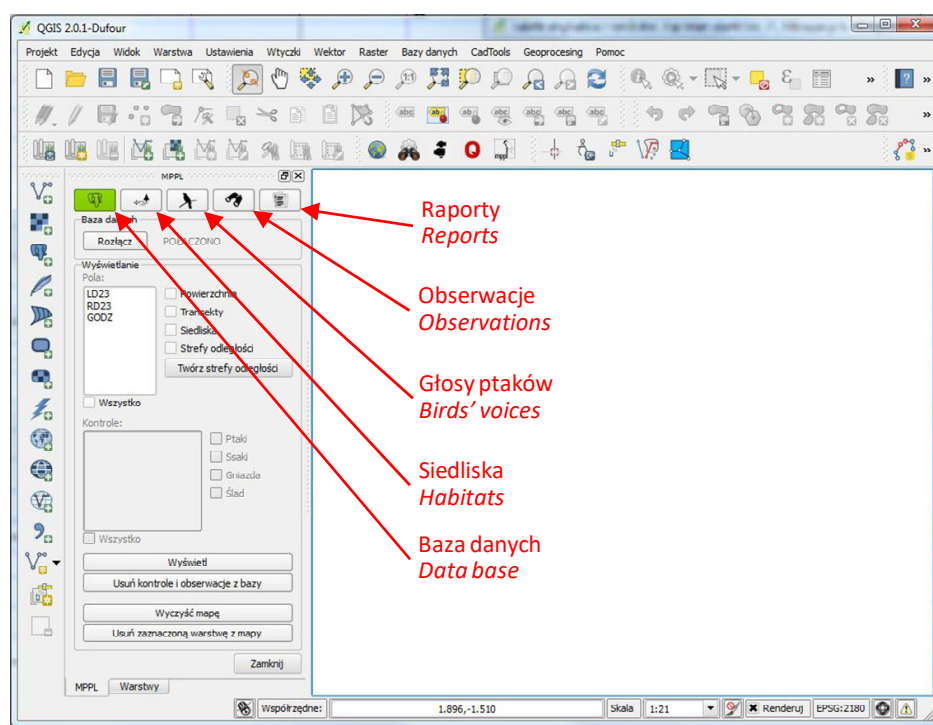
W celu instalacji aplikacji MPPL należy umieścić folder MPPL zawierający wszystkie wymagane pliki w katalogu zawierającym wtyczki QGIS, a następnie

należy aktywować wtyczkę MPPL w menedżerze wtyczek programu QGIS. Po prawidłowej instalacji wtyczki przy lewej krawędzi okna programu pojawi się okno wtyczki (Ryc. 5). W aplikacji zdefiniowane zostały zakładki: Baza Danych, Siedliska, Głosy Ptaków, Obserwacje oraz Raporty (Ryc. 5 i Ryc. 6).

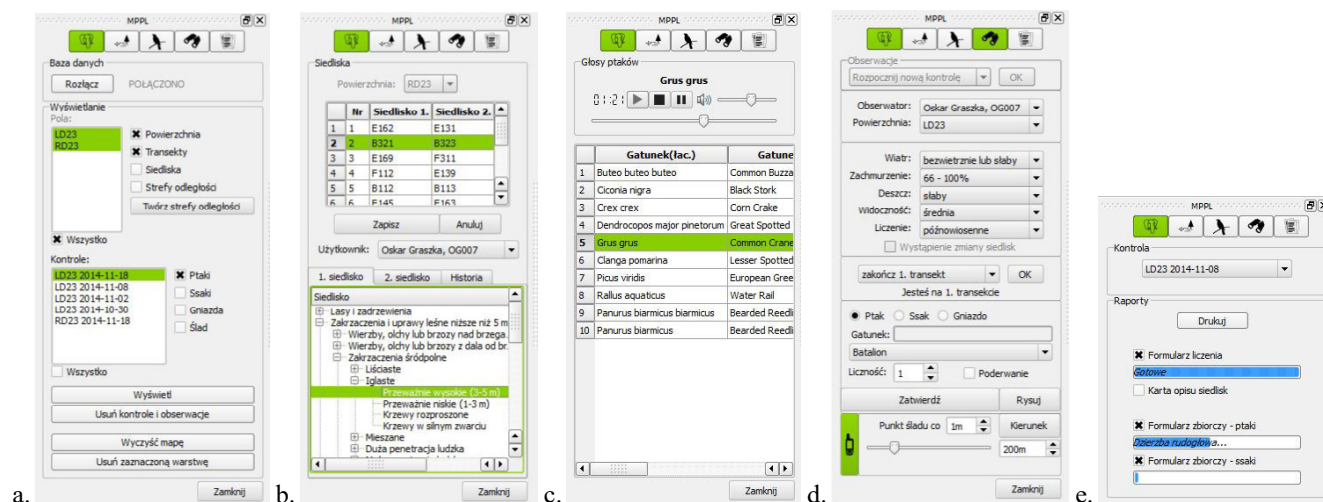
Zakładką widoczną domyślnie po uruchomieniu wtyczki MPPL jest zakładka Baza Danych (Ryc. 6a). Podstawowym zadaniem tej części interfejsu jest zarządzanie połączeniem z bazą danych oraz dodawanie warstw wektorowych z bazy. Po nawiązaniu połączenia z bazą danych pojawia się lista kodów pól testowych, a zaznaczenie co najmniej jednego pola z tej listy wywołuje wykaz kontroli (obserwacji) przeprowadzonych na wyselekcjonowanych polach. Każda kontrola opisana jest poprzez kod powierzchni, na jakiej została wykonana oraz datę przeprowadzenia. Wtyczka pozwala na jednoczesną selekcję i dodawanie do mapy wielu obiektów list. Użytkownik może wybrać elementy pola testowego, które chce dodać do obszaru mapy za pomocą pól wyboru:

- Powierzchnia (dodaje granice pól testowych),
- Transekty (dodaje transekty wybranych pól do mapy),
- Siedliska (dodaje do mapy odcinki transektu opisujące siedliska),
- Strefy odległości (dodaje do mapy dwie pomocnicze strefy odległości od transektu (25 m, 100 m), od których zależy ostateczna klasyfikacja obserwacji).

Dla użytkowników edytujących obiekty bazy danych oraz wprowadzających nowe pola testowe i transekty przewidziano także taką możliwość (opcja: Twórz strefy odległości). Jeśli zaznaczone pole ma już transekty w bazie danych, ale nie ma dla nich opisanych stref odległości uruchomienie tej opcji stworzy strefy



Ryc. 5. Okno programu QGIS z widoczną wtyczką MPPL
Fig. 5. QGIS window with visible MPPL plugin



Ryc. 6. Zakładki aplikacji MPPL: a. Baza Danych, b. Siedliska, c. Głosy Ptaków, d. Obserwacje oraz e. Raporty.
 Fig. 6. MPPL Application: a. Database, b. Habitats, c. Bird Voices, d. Observations and e. Reports.

w bazie i nada im odpowiednie klucze obce transektów oraz opisy. Możliwe jest również wykonywanie tej operacji dla wielu wybranych pól jednocześnie. Użytkownik może wybrać także dodawane do mapy elementy wybranych kontroli za pomocą pól wyboru:

- Ptaki (dodaje obserwacje ptaków),
- Ssaki (dodaje obserwacje ssaków),
- Gniazda (dodaje zaobserwowane gniazda),
- Ślad (dodaje do mapy ślad, po jakim przemieszczał się obserwator prowadzący obserwację na transektach, jeśli taki został zarejestrowany. Atrybuty tej warstwy obejmują wszystkie informacje opisujące daną kontrolę).

Połączenie z bazą danych aktywuje także zakładkę Siedliska (Ryc. 6b), a w górnej liście wyboru wyświetlają się kody wszystkich zawartych w bazie powierzchni testowych. Po wybraniu powierzchni pojawiają się w tabeli siedlisk opisy wszystkich odcinków transektów. Jeśli siedliska zostały już wcześniej opisane dla wybranego pola, w tabeli wyświetlane są także kody siedliska pierwszego i siedliska drugiego. Zaznaczenie rekordu w tabeli odcinków powoduje podświetlenie (selekcję) odpowiedniego obiektu z warstwy Siedliska w widoku mapy. Wyświetla się także historia siedliska w zakładce Historia i podświetlają odpowiednie rozwinięcia kodów siedlisk (zakładki 1. siedlisko i 2. siedlisko). Innym sposobem szybkiego podglądu rozkodowanych aktualnych siedlisk jest naprowadzenie kursora na odcinek reprezentujący siedlisko. Na tle mapy pojawia się podpowiedź zawierająca numer odcinka i czterostopniowy opis siedlisk. Edycja siedlisk odbywa się poprzez wybranie rekordu z tabeli odcinków i wciśnięcie przycisku Edytuj siedliska. Zostaje wtedy zablokowany wybór odcinka transektu. Nowe siedliska wskazuje się na czwartym poziomie listy siedlisk w odpowiednich zakładkach (1. Siedlisko, 2. siedlisko). Można również usunąć rekord w historii siedlisk odcinka. W celu uniknięcia przypadkowego usunięcia archiwalnych zmian siedlisk możliwe jest usuwanie tylko tych rekordów, które mają datę zgodną z datą prowadzenia tej operacji. Należy pamiętać,

aby przed zapisaniem zmian użytkownik wybrał swoje nazwisko z wybieralnej listy, dzięki temu możliwa będzie poprawna identyfikacja wprowadzającego zmianę siedliska w bazie danych.

Wtyczka MPPL zapewnia użytkownikom możliwość odsłuchania głosów ptaków w terenie (zakładka Głosy Ptaków, Ryc. 7c), co bywa przydatne przy identyfikacji gatunku, wymaga to jednak uprzedniego zgromadzenia plików dźwiękowych. Źródłem nagrań z głosami ptaków jest strona internetowa xeno-canto, na której znaleźć można bogaty zbiór głosów dzikich ptaków z całego Świata. Nagrania są udostępniane na podstawie licencji Creative Commons w formacie mp3 (www.xeno-canto.org).

Zaprojektowana wtyczka MPPL zapewnia możliwość wyświetlania pozycji obserwatora na mapie w czasie rzeczywistym oraz rejestracji trasy, jaką się porusza. Wymagany jest przy tym odbiornik GPS (wbudowany w komputer lub zewnętrzny). Po połączeniu wtyczki MPPL z bazą danych w górnej liście wyboru zakładki Obserwacje (Rys. 7d) pojawiają się wszystkie kontrole terenowe zapisane w bazie. Po wybraniu kontroli z tej listy i naciśnięciu przycisku OK użytkownik może powrócić do już zakończonej kontroli. By wybrać kontrolę, która została przeprowadzona jako ostatnia, bez szukania jej na liście, należy podświetlić na liście obiekt Ostatnia kontrola. Jest to domyślna wartość listy. Jeśli wybrana kontrola ma datę wcześniejszą niż data prowadzenia tej operacji, możliwe będzie wprowadzanie obserwacji i zmian atrybutów kontroli (poza kodem powierzchni testowej), lecz nie będzie ulegać zmianie data oraz godziny rozpoczęcia i zakończenia transektów. By zacząć nową kontrolę należy wybrać Rozpocznij nową kontrolę i zatwierdzić przyciskiem OK. Wybór kontroli aktywuje następane dwie grupy list wyboru: pierwsza dotycząca wyboru nazwiska obserwatora i kodu powierzchni testowej, a druga obejmująca listy służące do określenia atrybutów opisujących warunki i okoliczności prowadzenia kontroli (wiatr (bezwietrznie lub słaby, umiarkowany, silny), zachmurzenie (0-33%, 33-66%, 66-100%), deszcz (brak, słaby, silny), widoczność (dobra, średnia, słaba),

liczenie (wczesnowiosenne, późnowiosenne)). Kolejna grupa obiektów służy do wyboru etapu kontroli: przed wejściem na 1. transekt, na 1. transekcje, między transektami, na 2. transekcje, po przejściu obu transeptów).

Po rozpoczęciu kontroli rozpoznany zostaje etap na podstawie wypełnienia atrybutów odpowiadających godzinom rozpoczęcia i zakończenia transektów. Skład listy wybieralnej z dopuszczalnymi zmianami etapu jest zależny od aktualnego etapu kontroli. Zmiana etapu następuje przez wybór docelowego etapu z listy i naciśnięciu przycisku OK. Informacja o aktualnym etapie kontroli jest na bieżąco przekazywana użytkownikowi w komunikacie znajdującym się pod listą wyboru. Wprowadzanie obserwacji do bazy danych jest możliwe tylko wtedy, gdy obserwator znajduje się na transektach. Użytkownik może najpierw narysować na mapie geometrię reprezentującą obserwację lub wypełnić atrybuty obserwacji. Wypełnianie tych atrybutów powinno się zacząć od wybrania odpowiedniej wartości przełącznika w górnej części prostokąta grupującego. Ustawienie przełącznika definiuje rodzaj obserwacji (ptak, ssak lub gniazdo). Następnie należy określić liczbę obserwowanych osobników oraz ich gatunek. Jeśli obserwowanego gatunku nie ma na liście wyboru, użytkownik musi wybrać z tej listy wartość inny. Wtedy aktywuje się pole tekstowe, w którym można wprowadzić nazwę nie uwzględnionego w słowniku gatunku. Liczność obserwacji określa się, ustawiając odpowiednią wartość pola liczbowego strzałkami, lub wpisując ją za pomocą klawiatury. Dodatkowo dla obserwacji ptaków w locie i dla gniazd należy zaznaczyć właściwe wartości pojawiających się pól wyboru. W przypadku ptaków te pola wyboru określają czy użytkownik obserwował poderwanie ptaka do lotu oraz czy obserwowany jest osobnik młodociany (pole *juv.* od łacińskiego *juvenelis*), a w przypadku gniazda określa czy gniazdo jest zamieszkałe. Wprowadzanie geometrii obserwacji można na dwa sposoby. Pierwszy z nich to rysowanie trasy przemieszczania obserwowanego ptaka lub ssaka na mapie po wciśnięciu przycisku Rysuj. Jeśli zostanie wprowadzony tylko jeden punkt śladu, zostanie to zinterpretowane jako obserwacja statyczna (punktowa). Ponowne naciśnięcie przycisku Rysuj resetuje narysowaną geometrię obserwacji. Jedyną dopuszczalną geometrią gniazda jest punkt. Drugi sposób wprowadzania obserwacji wymaga połączenia z odbiornikiem GPS. Gdy takie połączenie zostało nawiązane, a odbiornik przesyła ustaloną pozycję aktywuje się ostatni box grupujący zakładki. Pozwala to na wprowadzanie obserwacji punktowej poprzez podanie kierunku i odległości od obserwatora. Metoda ta może się okazać przydatna w terenie, w którym trudno jest znaleźć na mapie obiekty charakterystyczne. Po wciśnięciu przycisku Kierunek obserwator może określić na mapie (poprzez pojedyncze kliknięcia) kierunek, w którym prowadzi obserwację. Może to być na przykład wskazany na mapie charakterystyczny budynek lub drzewo, które obserwator widzi na horyzoncie. Na powstałym w ten sposób tymczasowym odcinku na mapie wyświetli się

pomocnicza etykieta z odległością do wskazanego obiektu. Odległość do wskazanej obserwacji wprowadza się w odpowiednim polu liczbowym lub za pomocą suwaka odległości. Wprowadzenie obserwacji do bazy danych odbywa się poprzez wciśnięcie przycisku Zatwierdź. O stanie połączenia z odbiornikiem GPS informuje użytkownika ikonka sygnału GPS (szara ikonka – odbiornik nie został podłączony, ikonka czerwona – odbiornik jest podłączony lecz nie przesyła pozycji (niska moc sygnału), ikonka zielona – odbiornik przesyła poprawną pozycję). Gdy znana jest pozycja obserwatora w czasie prowadzenia obserwacji (obserwator jest na jednym z transektów) wtyczka rejestruje w bazie danych ślad, po jakim porusza się obserwator. Użytkownik może zdefiniować minimalną odległość między kolejnymi wierzchołkami w specjalnym polu liczbowym.

Ostatnią funkcjonalnością aplikacji jest możliwość generowania raportów, które przygotowano zgodnie z formularzami zaprojektowanymi przez OTOP (OTOP 2011a – 2011f). Po połączeniu z bazą danych w liście wyboru zakładki Raporty (Rys. 6e) wyświetlają się wszystkie przeprowadzone kontrole. Przed wywołaniem drukowania raportów należy wybrać kontrolę, której mają dotyczyć, a także zaznaczyć odpowiednie pola wyboru reprezentujące raporty: Formularz liczenia (Rys. 7), Karta opisu siedlisk, Formularz zbiorczy – ptaki, Formularz zbiorczy – ssaki.

W każdym z raportów przygotowano mapy prezentujące domyślnie warstwy wektorowe z bazy danych bez podkładu rastrowego. By jednak uzyskać taki podkład w postaci ortofotomapy na mapach zawartych w raportach, należy przed wydrukowaniem raportów dodać do mapy obraz rastrowy lub warstwę WMS. Wszelkie warstwy wektorowe zostaną w czasie drukowania raportów usunięte z widoku mapy. Podstawową zmianą wprowadzoną do formularzy, przygotowanych zgodnie z zasadami OTOP, jest dodanie map z dokładną lokalizacją zaobserwowanych osobników. Konsekwentnie skorzystano w tym przypadku z zalet technologii GIS, obrazując lokalizację obserwacji dokładniej niż to jest w przypadku tabel z podziałem na odcinki transektu.

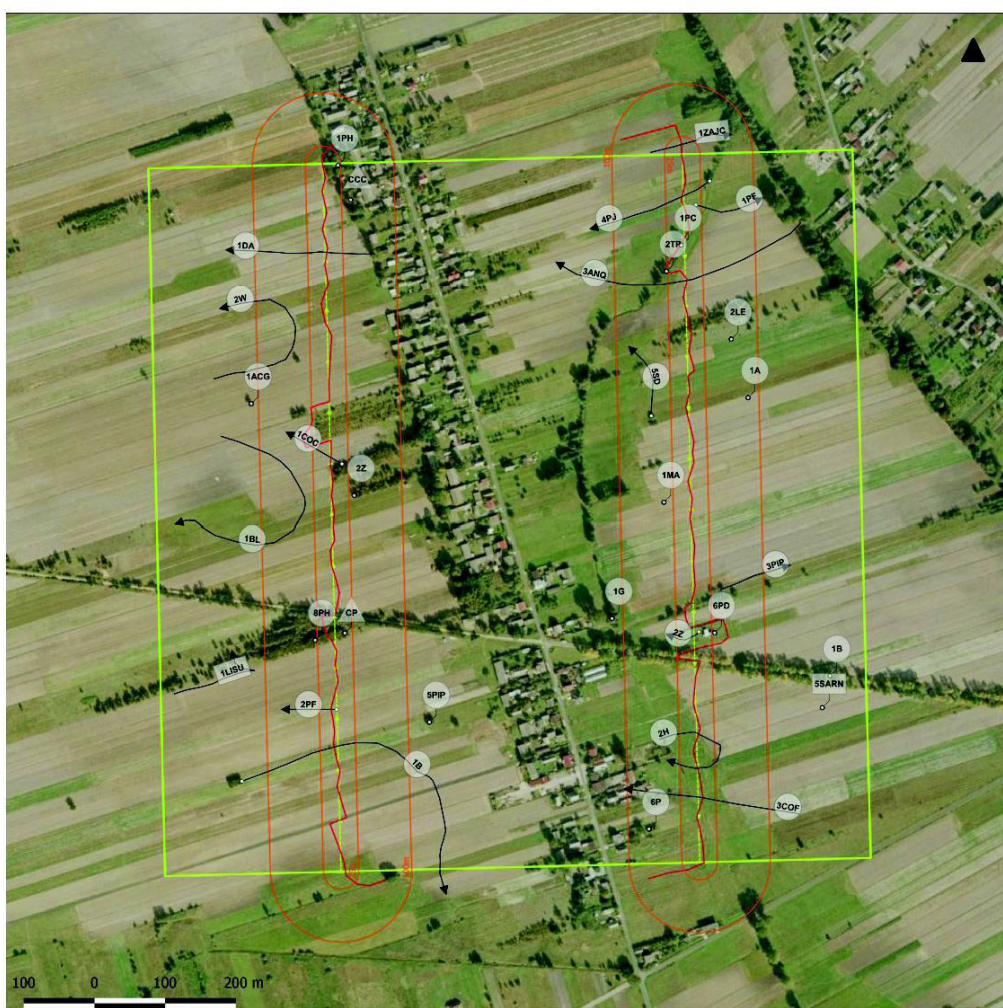
Po serii kameralnych testów stworzonej aplikacji i korektach eliminujących błędy programu przeprowadzono testy na wolnym powietrzu. Terenowe testy aplikacji MPPL wypadły pozytywnie. Wykonano je przeprowadzając kontrolę zgodnie z metodą MPPL na fikcyjnej, stworzonej specjalnie w tym celu, powierzchni testowej. Przeprowadził ją niezależny obserwator, który oceniał wtyczkę także pod kątem intuicyjności zastosowanych rozwiązań. W czasie testów nie wystąpił żaden problem techniczny ani błąd aplikacji MPPL. Obsługa aplikacji została oceniona jako intuicyjna i wygodna w trakcie pracy terenowej. Możliwość korzystania z zesłownikowanych list wyboru pozwoliła na sprawne prowadzenie prac terenowych, a podgląd w postaci ortofotomapy ułatwia orientację w terenie oraz dokładniejsze wyznaczenie kierunków obserwacji.



Monitoring Pospolitych Ptaków Lęgowych
FORMULARZ LICZENIA



Obserwator (Imię i nazwisko)		Oskar Graszka		
Kod kwadratu 1 x 1 km	LD23	Tel.	605995231	
Data liczenia	2014-11-25	E-mail	oskar.graszka@gmail.com	
Pogoda		Deszcz	Wiatr	Widoczność
Liczenie - wczesnowiosenne czy późnowiosenne?		slaby	bezwietrznie lub slaby	Średnia
Pierwsza połowa	Czas rozpoczęcia	Czy liczyłeś ssaki?		Czas zakończenia
Druga połowa	Czas rozpoczęcia	tak		09:00:24
				09:36:38



Ryc. 7. Przykładowy Raport – Formularz Liczenia
Fig. 7. Exemplary report – Count Form

Podsumowanie

Podstawowym problemem prowadzenia inwentaryzacji przyrodniczych są uciążliwości związane z zapisywaniem obserwacji na papierze. Podatność tego nośnika danych na wpływ takich czynników atmosferycznych jak wiatr, deszcz lub śnieg sprawia, że prowadzenie inwentaryzacji w pewnych sytuacjach jest praktycznie niemożliwe. Wadą papierowych formularzy jest także ich nietrwałość. W warunkach terenowych mapy mogą łatwo ulec rozerwaniu na wietrze lub podczas pokonywania przeszkód terenowych, a zarchiwizowane na

papierze cenzusy mogą po latach stać się nieczytelne. Kłopotliwe jest także korzystanie z map drukowanych na wielkoformatowych arkuszach papieru. Ponadto w celu dalszego opracowania danych istnieje konieczność przepisania danych zebranych w terenie do arkuszy kalkulacyjnych lub baz danych, co może generować omyłki. Dzięki zaprojektowanej aplikacji MPPL udało się wyeliminować wymienione powyżej problemy. Jednak wykorzystanie laptopów, tabletów czy palmtopów w terenie również ma swoje wady. Silne światło słoneczne odbijające się od matrycy może znacznie utrudnić pracę. Kolejną wadą pracy z laptopami w terenie jest

stosunkowo krótka żywotność ich baterii, uzależniona od warunków atmosferycznych. Do długotrwałej pracy z komputerem w terenie niezbędny jest zestaw zapasowych naładowanych baterii. Konieczne jest więc dobranie odpowiedniego urządzenia, które charakteryzuje się także wysoką odpornością na wstrząsy i uderzenia oraz działalność wody i pyłu. Najlepiej gdyby urządzenie miało dotykowy ekran i wyposażone było w rysik, co ułatwia pracę.

Zaprojektowana aplikacja MPPL pozwala w szybki i wygodny sposób wprowadzać dane z inwentaryzacji do bazy danych przestrzennych, co stanowi podstawową zaletę zaproponowanego rozwiązania. Dzięki temu wyeliminowany zostaje proces żmudnego przepisywania kart obserwacyjnych do formularzy obliczeniowych, co eliminuje jedne z częstszych błędów – omyłki, jakie mogą być generowane podczas przepisywania danych. Dane zgromadzone w bazie danych można praktycznie od razu selekcjonować i łączyć w najróżniejszy sposób. Nie bez znaczenia jest też możliwość wykorzystania ortofotomapy do wizualizacji danych, co jest także przydatne podczas pracy terenowej. Dodatkowe dane przestrzenne zapewniane m.in. za pośrednictwem serwisów WMS i WFS mogą się także okazać pomocne przy wyznaczaniu nowych pól testowych oraz wytyczaniu transektów.

Zaletą zastosowanej technologii jest także możliwość sprawnego zarządzania polami testowymi i danymi obserwatorów. Wykonywanie prostych kwerend w bazie danych pozwala na szybkie uzyskanie odpowiedzi na takie pytania, jak: na których polach testowych obserwowano dany gatunek, które powierzchnie mają przydzielonego wolontariusza lub na których znajdziemy szukane siedliska. Tworzenie map zbiorczych dla gatunków z wielu obserwacji jest nieporównanie łatwiejsze i szybsze, a co najważniejsze technologia GIS daje możliwości analizy tych danych, takie jak możliwość analizy zmian populacji ptaków w czasie i przestrzeni oraz zmiany ich występowania zależnie od zmiany siedlisk. Dzięki funkcji drukowania raportów wtyczka MPPL może być także wykorzystywana do raportowania wyników wykonanych obserwacji ornitologicznych.



Mgr inż. Oskar **GRASZKA** jest absolwentem Wydziału Geodezji i Kartografii (spec. Systemy Informacji Przestrzennej) Politechniki Warszawskiej. Właściciel wydawnictwa kartograficznego PRYZMAP oferującego także usługi z zakresu systemów informacji geograficznej (GIS). Autor serii map przyrodniczych *Puszcze Polski*.



Dr hab. inż. Katarzyna **OSIŃSKA-SKOTAK** jest absolwentką Wydziału Geodezji i Kartografii (spec. Fotogrametria i Kartografia) oraz Wydziału Inżynierii Środowiska (spec. Ochrona Atmosfery i Meteorologia Techniczna) Politechniki Warszawskiej. W 2001 r. uzyskała z wyróżnieniem stopień doktora, a w roku 2011 stopień doktora habilitowanego nauk technicznych w dyscyplinie naukowej geodezja i kartografia (spec. teledetekcja i fotogrametria). Obecnie jest kierownikiem Zakładu Fotogrametrii, Teledetekcji i Systemów Informacji Przestrzennej na Wydziale Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej. Zajmuje się badaniami dotyczącymi zaawansowanych technik przetwarzania obrazów satelitarnych i lotniczych oraz ich zastosowaniem, w szczególności w badaniach i ochronie środowiska przyrodniczego, jego stanu i zachodzących zmian (m.in. w badaniach jakości wód śródlądowych, miejskiej wyspy ciepła, obszar), archeologii i gospodarce przestrzennej. Realizowała

Bibliografia

- Chodkiewicz T., Neubauer G., Chylarecki P., Sikora A., Cenian Z., Ostasiewicz M., Wylegała P., Ławicki Ł., Smyk B., Betleja J., Gaszewski K., Górski A., Grygoruk G., Kajtoch Ł., Kata K., Krogulec J., Lenk nk iewicz W., Marczakiewicz P., Nowak D., Pietrasz K., Rohde Z., Rubacha S., Stachyra S., Świętochowski P., Tumiel T., Urban M., Wieloch M., Woźniak B., Zielińska M., Zieliński P., 2013. Monitoring populacji ptaków Polski w latach 2012-2013. Biuletyn Monitoringu Przyrody 11, 1-72.
- Chodkiewicz T., Meissner W., Chylarecki P., Neubauer G., Sikora A., Pietrasz K., Cenian Z., Betleja J., Kajtoch Ł., Lenkiewicz W., Ławicki Ł., Rohde Z., Rubacha S., Smyk B., Wieloch M., Wylegała P., Zielińska M., Zieliński P., 2016. Monitoring Ptaków Polski w latach 2015–2016. Biuletyn Monitoringu Przyrody 15, 1–86.
- Gregory R.D., Vorisek P., Van Strien A.J., Gmelig Meyling A.W., Jiguet F., Fornasari L., Reif J., Chylarecki P., Burfield I.J. 2007. Population trends of widespread woodland birds in Europe. *Ibis* 149, 78-S97.
- Ostasiewicz M., Chodkiewicz T., Chylarecki P., Neubauer G., Woźniak B., 2011. Wskaźnik liczebności pospolitych ptaków leśnych – co możemy zrobić w oparciu o dane Monitoringu Pospolitych Ptaków Lęgowych w Państwowym Monitoringu Środowiska? *Studia i Materiały CEPL w Rogowie R.* 13. Zeszyt 2 (27), 65-76.
- Ogólnopolskie Towarzystwo Ochrony Ptaków (2011a). Monitoring Pospolitych Ptaków Lęgowych. Formularz Liczenia.
- Ogólnopolskie Towarzystwo Ochrony Ptaków (2011b). Monitoring Pospolitych Ptaków Lęgowych. Formularz Zbiorczy.
- Ogólnopolskie Towarzystwo Ochrony Ptaków (2011c). Monitoring Pospolitych Ptaków Lęgowych. Formularz Zbiorczy – Ssaki.
- Ogólnopolskie Towarzystwo Ochrony Ptaków (2011d). Monitoring Pospolitych Ptaków Lęgowych. Instrukcja Liczenia.
- Ogólnopolskie Towarzystwo Ochrony Ptaków (2011e). Monitoring Pospolitych Ptaków Lęgowych. Instrukcja Liczenia Ssaków.
- Ogólnopolskie Towarzystwo Ochrony Ptaków (2011f). Monitoring Pospolitych Ptaków Lęgowych. Karta Opisu Siedlisk.
- Parzyński Z., 2010. Podstawy modelowania georeferencyjnych baz danych. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, Vol. 21, 315-326.
- Villard M.-A., Jonsson G. (eds.), 2009. *Setting Conservation Targets for Managed Forest Landscapes*. Cambridge University Press; Cambridge.

26 projektów naukowo-badawczych i badawczo-wdrożeniowych, finansowanych ze środków krajowych i europejskich, obecnie kieruje realizacją zadań w ramach projektów badawczo-wdrożeniowych HabitARS („Innowacyjne podejście wspierające monitoring nieleśnych siedlisk przyrodniczych NATURA 2000, z wykorzystaniem metod teledetekcyjnych”, współfinansowany ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju w ramach konkursu BIOSTRATEG II, 2016-2018) i SAFEDAM (Zaawansowane technologie wspomagające przeciwdziałanie zagrożeniom związanym z powodzią”, finansowany ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju w ramach konkursu Bezpieczeństwo i Obronność, 2015-2018). Odbyla staże naukowe, m.in. w Belgii na Uniwersytecie w Gent, we Francji w GDTA w Toulouse, w Niemczech na Uniwersytecie we Freiburgu, w Niemieckim Centrum Kosmicznym w Oberpfaffenhofen k. Monachium, w Szwecji na KTH. Współzałożycielka Stowarzyszenia “Środowisko dla Środowiska”, członek Grupy Ekspertów przy Sekcji Teledetekcji Komitetu Badań Kosmicznych i Satelitarnych przy Prezydium PAN, członek Zarządu Oddziału Teledetekcji i Geoinformatyki PTG, członek Komisji Głównej ds. Zawodu i Kształcenia Zawodowego Stowarzyszenia Geodetów Polskich oraz członek Platformy Technik Kosmicznych Politechniki Warszawskiej.