

ACTA SCIENTIARUM POLONORUM

Czasopismo naukowe założone w 2001 roku przez polskie uczelnie rolnicze

Geodesia et Descriptio Terrarum

Geodezja i Kartografia

Geodesy and Cartography

12 (1) 2013



Bydgoszcz Kraków Lublin Olsztyn
Poznań Siedlce Szczecin Warszawa Wrocław

Executive Board of *Acta Scientiarum Polonorum*

Jerzy Sobota (Wrocław) – Chairman

Józef Bieniek (Kraków), Barbara Gąsiorowska (Siedlce), Wiesław Nagórko (Warszawa),
Janusz Prusiński (Bydgoszcz), Ewa Sobecka (Szczecin), Krzysztof Szkucik (Lublin),
Waldemar Uchman (Poznań), Ryszard Żróbek (Olsztyn)

Scientific Board of *Geodesia et Descriptio Terrarum*

Andrzej Borkowski (Wrocław University of Environmental and Life Sciences, Poland) – Chairman,
e-mail: andrzej.borkowski@up.wroc.pl

Aleksandra Bujakiewicz (Warsaw University of Technology, Poland), Roman Galas (Berlin
University of Technology, Germany), Wolfgang Keller (University of Stuttgart, Germany),
Paweł Wielgosz (University of Warmia and Mazury, Poland),
Josef Weigel (Brno University of Technology, Czech Republic)

Wojciech Dach (Wrocław University of Environmental and Life Sciences, Poland) – Secretary
e-mail: wojciech.dach@up.wroc.pl

Covered by: Agro, Ulrich's Database, Copernicus Index, EBSCOhost, BazTech

ISSN 1644–0668 (print) ISSN 2083–8662 (on-line)

Print edition is an original (reference) edition

Cover design
Daniel Morzyński

English editor
Cathy Baldysz

Statistical editor
Andrzej Dąbrowski

Text editor
Ewa Jaworska, e-mail: ewa.jaworska@up.wroc.pl

© Copyright by Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Sopocka 23, 50–344 Wrocław, Poland
e-mail: wyd@up.wroc.pl <http://www.up.wroc.pl>

Printed: 150 + 16 copies Publishing sheets: 3,4 Printing sheets: 2,75
Druk i oprawa: EXPOL, P. Rybiński, J. Dąbek, Spółka Jawna
ul. Brzeska 4, 87-800 Włocławek

Szanowni Państwo,

Przekazujemy Państwu kolejny zeszyt ACTA SCIENTIARUM POLONORUM Geodesia et Descriptio Terrarum, czasopisma naukowego wydawanego przez wszystkie polskie uczelnie rolnicze i przyrodnicze w 14 seriach. Seria Geodesia et Descriptio Terrarum ukazuje się nakładem Wydawnictwa Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu.

Czasopismo nasze publikuje oryginalne prace z zakresu szeroko rozumianej geodezji i kartografii oraz pokrewnych obszarów wiedzy, z naciskiem na aspekty praktyczne. Publikowane są zarówno oryginalne prace badawcze, jak i artykuły o charakterze monograficznym, w języku polskim lub angielskim, ze streszczeniami w obydwu językach, także wszystkie opisy rysunków i tabel są dwujęzyczne. Prace są recenzowane przez najlepszych specjalistów z danej dziedziny. Również w bieżącym numerze dominują prace o charakterze aplikacyjnym.

Od roku 2007 czasopismo wydawane jest jako kwartalnik. Szczegóły dotyczące przygotowania artykułu oraz wymogi redakcyjne można znaleźć na stronie www.acta.media.pl.

Zespół Redakcyjny

Dear Readers,

It is a great pleasure to introduce you to the next issue of ACTA SCIENTIARUM POLONORUM Geodesia Terrarum et Descriptio, a scientific journal published in cooperation with all the universities of environmental sciences in Poland. Geodesia et Descriptio Terrarum is produced by the publishing house of Wrocław University of Environmental and Life Sciences.

The journal publishes original papers on surveying, mapping and related topics of interest with emphasis on practical aspects. The journal includes original research articles and monographs in Polish or English with abstracts, figures and table captions in both languages. The papers are reviewed by leading specialists in the field.

The journal has been published quarterly since 2007. Instructions for authors and editorial requirements can be found at www.media.pl

*With regards from,
The Editorial Team*

CZASOWO-PRZESTRZENNE OBIEKTY EWIDENCYJNE W WIELOWYMIAROWYM KATASTRZE NIERUCHOMOŚCI – PERSPEKTYWA ZMIAN ISTNIEJĄCEGO MODELU

Dariusz Felcenloben

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Starostwo Powiatowe w Kłodzku

Streszczenie. W prezentowanym artykule przedstawione zostało zagadnienie prawne dotyczące możliwości wprowadzenia do polskiego obiegu prawnego pojęcia trójwymiarowej nieruchomości (działki powietrznej), jak i potrzeby dookreślenia przestrzennych granic prawa własności. Problematyka ta zaprezentowana została na tle obowiązujących w USA, Szwecji i Norwegii rozwiązań systemowych w tym zakresie. Konieczność wprowadzenia nowych instytucjonalnych rozwiązań poprzedzona została omówieniem obowiązujących obecnie w Polsce zasad rejestrowania odrębnej własności obiektów budowlanych i ustanawiania praw do ich użytkowania. Przedstawione zostały również uwagi dotyczące konieczności budowy katastru wielowymiarowego, umożliwiającego rejestrację wyodrębnionych przestrzennie obiektów ewidencyjnych (w tym w szczególności budynków, budowli, lokali i innych obiektów budowlanych oraz urządzeń infrastruktury technicznej), a także wszelkich praw z nimi związanych, i ich wizualizację w układzie trójwymiarowym.

Słowa kluczowe: kataster nieruchomości, nieruchomości 3D, trójwymiarowe prawa własności, działki powietrzne

WSTĘP

Tradycyjne systemy katastralne, obowiązujące w większości państw, oparte są na modelu pojęciowym odwołującym się do podstawowego obiektu ewidencyjnego (działki gruntowej) zdefiniowanego w dwuwymiarowym układzie współrzędnych, któremu przypisano określone atrybuty geometryczne i ustalono jednoznaczne relacje, w jakich pozostaje on z innymi obiektami i podmiotami praw. Opisując i identyfikując działkę ewidencyjną,

© Copyright by Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Adres do korespondencji – Address correspondence to: Dariusz Felcenloben, Starostwo Powiatowe w Kłodzku, ul. Okrzei 1, 57-300 Kłodzko, e-mail: felcen@powiat.klodzko.pl

w odniesieniu do której ustanowione zostały określone prawa rzeczowe czy obligacyjne, pomijamy zatem istotny fakt, że nieruchomości jako część powierzchni ziemskiej jest tworem przestrzennym, a prawo własności rozciąga się także na przestrzeń nad i pod jego powierzchnią do określonej wysokości i głębokości zdefiniowanej w systemach prawnych poszczególnych państw.

W odróżnieniu od prawa rzymskiego, zgodnie z którym prawo własności do gruntu odnosiło się nie tylko do samej powierzchni ziemi, lecz także obejmowało nieograniczoną przestrzeń nad i pod jej powierzchnią, sięgając, jak głosili to glosatorzy bolońscy „aż do piekieł i gwiazd” (*usque ad sidera, usque ad inferos*), przyjmuje się współcześnie jego ograniczony przestrzennie zakres [Dajczak, Giaro 2009].

W polskim systemie prawnym, odnosząc kodeksową definicję nieruchomości gruntowej do zdefiniowanego w art. 140 *Kodeksu cywilnego* [Ustawa 1964] (zwanego dalej: *k.c.*) pojęcia granic prawa własności, stwierdzić należy, że granice nieruchomości wyznaczają w przestrzeni obszar, w którym właściciel z wyłączeniem innych osób może korzystać ze swego prawa, zgodnie ze społeczno-gospodarczym jego przeznaczeniem, w granicach określonych przez ustawy i zasady współżycia społecznego.

Ustawodawca, definiując pojęcie przestrzennych granic nieruchomości, przyjął zatem jako kryterium decydujące o ich zasięgu społeczno-gospodarcze przeznaczenie gruntu, przez co wskazał, że właściciel z wyłączeniem innych osób może jedynie w tym obszarze korzystać ze swego prawa [Rudnicki 2003]. Przyjęcie tak niedookreślonej klauzuli generalnej jako kryterium, które decyduje o zasięgu przestrzennych granic własności, powoduje, że właściciel gruntu może korzystać z przysługujących mu uprawnień jedynie w zakresie zwykłego korzystania z rzeczy w stosunku do przestrzeni nad i pod jej powierzchnią. Wszystko zatem to, co znajduje się poza tym obszarem nie jest częścią składową gruntu, w rozumieniu art. 47 *k.c.*

Granice nieruchomości określają zatem w przestrzeni pewien obszar, w którym właściciel z wyłączeniem innych osób może korzystać ze swoich uprawnień w zakresie określonym prawem. Przyjąć można w pewnym uproszczeniu, że obszar ten wyznacza bryłę geometryczną ograniczoną pionowymi płaszczyznami przecinającymi powierzchnię ziemi w miejscach wyznaczonych położeniem punktów i przebiegiem linii granicznych, która sięga nad i pod jej powierzchnią do określonej wysokości i głębokości ustalonej społeczno-gospodarczym przeznaczeniem gruntu [Ignatowicz 1995]. Gdyby jednak na użytek definiowania tego obszaru uwzględnić kształt kuli ziemskiej, to byłyby to obszar ograniczony płaszczyznami przecinającymi powierzchnię ziemi w miejscach wyznaczonych przebiegiem granic na jej powierzchni, które zbieżne byłyby w jej środku.

Gdyby odrzucić ograniczenia prawa własności określone w ustawach i wyznaczone przez społeczno-gospodarcze przeznaczenie gruntu, to w pewnym uproszczeniu można by przedstawić obszar, w którym właścicielowi przysługują prawa związane z jego własnością, jako ostrosłup wielokątny, którego wierzchołek zaczepiony jest w środku ziemi, a jego podstawa usytuowana jest w nieskończoności. Nakładając na tak wyznaczony ostrosłup ograniczenia prawa własności, zdefiniowane w art. 140 *k.c.*, które mogą być przedstawione w postaci abstrakcyjnej powierzchni, uzyskamy bryłę geometryczną w postaci ściętego ostrosłupa. Jego wnętrze wyznacza tym samym obszar, w którym właściciel nieruchomości z wyłączeniem innych osób może korzystać z przysługujących mu uprawnień.

O ile granice nieruchomości w układzie opisującym bezpośrednio fizyczny kształt samej powierzchni ziemi (układ dwuwymiarowy) można jednoznacznie określić, stosując odpowiednie w tym celu techniki pomiarowe i wymagane procedury administracyjne lub sądowe, o tyle jeśli idzie o granice przestrzenne, takie jednoznaczne ich ustalenie nie jest już obecnie możliwe w polskim systemie prawnym.

POJĘCIE DZIAŁKI PRZESTRZENNEJ – DOŚWIADCZENIA INNYCH PAŃSTW

Potrzeba optymalnego wykorzystania, na potrzeby inwestycyjne, przestrzeni nad i pod powierzchnią nieruchomości gruntowej była powodem, iż w niektórych krajach (np. USA, Szwecji, Norwegii, Holandii, Australii, Kanadzie) wprowadzone zostało do obiegu prawnego pojęcie tzw. wirtualnej działki przestrzennej (powietrznej), a co zatem idzie trójwymiarowego prawa własności [Sooner, Oosterom, Ploger, Aalders 2004]. Pojęcie takich rozwiązań prawnych stworzyć miało w szczególności możliwość realizacji, inwestycji infrastrukturalnych związanych z budową mostów, tuneli, wiaduktów, wielopoziomowych napowietrznych ciągów komunikacyjnych, parkingów podziemnych, metra czy innych tego typu obiektów budowlanych. Konieczność poszukiwania nowych rozwiązań prawnych w tym zakresie wynikała także z faktu, iż dotychczasowe sposoby ustanawiania ograniczonych praw rzeczowych czy obligacyjnych, ze względu na charakter tych praw, nie zapewniają inwestorowi nieposiadającemu tytułu własności możliwości skutecznego zabezpieczenia finansowego realizowanej inwestycji na tych prawach, a także nie gwarantują pełni praw do korzystania z gruntu podczas samej budowy, jak i późniejszej konserwacji tych urządzeń.

Rozwiązania prawne umożliwiające korzystanie z przestrzeni nad i pod powierzchnią gruntu funkcjonują od lat w anglosaskich systemach prawnych, czego przykładem może być istniejący w USA transfer of development rights, tj. obrót prawem do zabudowy części przestrzeni, w którym przedmiotem transakcji może być ściśle wyznaczona (wysokość, głębokość, zasięg) sama przestrzeń bezpośrednio zlokalizowana nad czy pod powierzchnią gruntu [Sandberg 2009]. Pojęcie trójwymiarowego prawa własności (three-dimensional property rights) wprowadzone zostało także do obiegu prawnego w kilku krajach europejskich, w tym Szwecji, Norwegii czy Danii.

Zgodnie z prawem amerykańskim, opartym na brytyjskim systemie *common law*, przedmiotowy zakres prawa własności, jaki przysługuje właścicielowi nieruchomości, obejmuje także przestrzeń usytuowaną bezpośrednio nad i pod powierzchnią wyznaczonego geodezyjnie obszaru gruntu (działki ewidencyjnej). Orzecznictwo sądów amerykańskich ukształtowało prawo *precedensowe*, zgodnie z którym uprawnienia właściciela nieruchomości gruntowej rozciągają się na przestrzeń do wysokości 200 m, licząc od powierzchni dachu budynku usytuowanego na tym gruncie. Tak zdefiniowana przestrzeń stanowi w systemie prawa amerykańskiego odrębną od gruntu nieruchomość, zwaną działką powietrzną, która może być przedmiotem odrębnej własności. Działka powietrzna podlegać może podziałowi na poszczególne warstwy (wyznaczone ich wysokością), wyznaczone płaszczyznami poziomymi i pionowymi, które stanowią mogą przedmiot niezależnych praw. Właściciel nieruchomości gruntowej może zbyć należące do niego tak zdefiniowane prawa powietrzne (*air rights*) na rzecz podmiotu, który planuje realizację inwestycji

przebiegającej na określonej wysokości nad jego gruntem. Podkreślić należy jednak, że działka powietrzna stanowi pierwotnie część składową nieruchomości gruntowej, która dopiero w określonych warunkach prawnych może być przedmiotem odrębnego użytkowania, ustanowionego w odniesieniu do wydzielonej przestrzeni nad czy pod powierzchnią gruntu. Działka powietrzna podlega tym samym rygorom prawnym, co nieruchomości gruntowa w zakresie trybu i możliwości przenoszenia prawa własności, ustanawiania ograniczonych praw rzeczowych, praw obligacyjnych, a także jej obciążania w formie hipoteki lub zastawu. Ponadto na jej rzecz, jako nieruchomości władnącej, mogą być ustanowione przewidziane prawem ograniczenia i służebności, odnoszące się do gruntu czy innych działek powietrznych. Możliwość korzystania z wyodrębnionej działki powietrznej uzależniona bywa czasem od jej powiązania z gruntem w sposób umożliwiający realizację inwestycji w związku z koniecznością jej oparcia na gruncie zlokalizowanym poniżej (np. słupy utrzymujące wiadukty) lub powyżej realizowanego obiektu budowlanego (budowle nad torami kolejowymi, kanałami) oraz zapewnienia do nich dostępu. Prawo dostępu i możliwość konstrukcyjnego podparcia realizowanych obiektów budowlanych w granicach działki powietrznej uzyskuje się na podstawie:

- tytułu własności działki powietrznej oraz gruntu w niezbędnych granicach,
- ustanowionych służebności,
- umów zobowiązaniowych, najmu dzierżawy itp.

Możliwość wydzielenia, a następnie ustanowienia odrębnego prawa własności do przestrzeni zlokalizowanej nad jak i pod powierzchnią gruntu przyczyniło się w USA do racjonalizacji procesów inwestycyjnych w zakresie optymalnego wykorzystania terenów zurbanizowanych położonych w obrębie dużych aglomeracji miejskich, realizowanych w szczególności nad i pod torami kolejowymi, ulicami i drogami.

Formuła przestrzennego prawa własności (three-dimensional property rights), przyjęta została także przez niektóre kraje europejskie, w tym Szwecję, gdzie w 2004 r. w wyniku nowelizacji Kodeksu Ziemskiego i uchwalenia ustawy o tworzeniu nieruchomości, wprowadzono do obiegu prawnego pojęcie trójwymiarowej własności (three-dimensional property unit) jako równorzędnego prawa cywilnego w stosunku do tradycyjnie definiowanej dwumiarowej nieruchomości gruntowej z jej częściami składowymi [Paulsson 2008, Julstad, Ericsson 2008]. Dopuszczona została tym samym możliwość dokonywania podziału nieruchomości w odniesieniu zarówno do samego gruntu (wraz z usytuowanymi na niej budynkami), jak i przestrzeni nad i pod jego powierzchnią (działki powietrznej), z tym jednak zastrzeżeniem, że podział działki powietrznej, z uwagi na jej specyfikę, odbywa się na odrębnych zasadach. W Szwecji nieruchomością (real property unit) jest obszar gruntu stanowiący przedmiot odrębnej własności, wyodrębniony w postaci jednej lub kilku działek katastralnych, wraz z częściami składowymi, w tym budynkami, budowlami itp. W państwie tym nie zdefiniowano prawnie pojęcia nieruchomości lokalowej. Możliwość prawnego wyodrębnienia trójwymiarowej nieruchomości zastrzeżona została w ustawodawstwie szwedzkim jedynie do tych przypadków, gdy zastosowanie takiego rozwiązania zwiększa gwarancję osiągnięcia zakładanych celów inwestycyjnych i zabezpieczenia realizowanego projektu pod względem prawnym i ekonomicznym. Jednym z warunków uzależniających możliwość wyodrębnienia działki powietrznej jest przy tym konieczność zagwarantowania przyszłemu nabywcy posiadanie tzw. wiązki praw, zapewniającej mu dostęp do tej przestrzeni i właściwe jej użytkowanie. W szczególności wiąże się to z potrzebą zagwarantowania właścicielowi nieruchomości trójwymiarowej

dostępu do urządzeń infrastruktury technicznej (woda, prąd, gaz itp.), a także gruntu, co w praktyce realizuje się poprzez ustanowienie odpowiednich służebności lub w drodze umowy określającej zasady wspólnego użytkowania np. obiektów budowlanych. Prawo szwedzkie wyklucza możliwość wydzielenia działki powietrznej obejmującej np. wyżej położone piętra budynku bez jednoczesnego zapewnienia do nich dostępu za pośrednictwem wspólnej klatki schodowej czy windy. Dostęp do powierzchni gruntu może być zagwarantowany poprzez ustanowienie odpowiednich służebności w momencie, kiedy nieruchomość przestrzenna jest wyodrębniana lub, gdy stworzona jest tzw. joint facility, tzn. wspólna przestrzeń (obiekt) udogodnień, którą może być klatka schodowa czy winda pozostająca przedmiotem współwłasności właścicieli wyodrębnionych działek przestrzennych. Początkowo, uchwalone w 2004 r. prawo dopuszczało możliwość ustanowienia trójwymiarowej nieruchomości jedynie w odniesieniu do już istniejących obiektów budowlanych, w obrębie których istniała możliwość wyodrębnienia niezależnych nieruchomości przestrzennych położonych na poszczególnych kondygnacjach budynku, mogących pozostawać przedmiotem odrębnej własności. Po nowelizacji w 2009 r. zaistniała prawna możliwość wyodrębnienia „pustej” działki powietrznej, pod warunkiem jednak przedłożenia przez inwestora ważnego pozwolenia na budowę obiektu a także wówczas, gdy sfinansowanie tych prac uzależnione zostało od wydzielenia nieruchomości, na którym można zabezpieczyć hipotecznie wierzytelności. Zasady wydzielenia działki powietrznej określone zostały w ustawie o tworzeniu nieruchomości i realizowane są w zakresie zapisanych tam procedur katastralnych związanych z podziałem i scaleniem nieruchomości. Szczegółowe dane pozwalające na jednoznaczne zlokalizowanie w przestrzeni wyodrębnionej działki powietrznej (współrzędne x , y , z) uzupełnione informacją dotyczącą rodzaju planowanej zabudowy i ustanowionych służebności umieszczane są w centralnym rejestrze nieruchomości oraz wykazywane w tradycyjnym dwuwymiarowym katastrze gruntowym. Formalne wyodrębnienie nieruchomości przestrzennej następuje na podstawie wydanej przez urząd katastralny (Lantmateriet) decyzji, po otrzymaniu, której inwestor może dopiero zabiegać o ustanowienie hipoteki jako tytułu zabezpieczenia finansowego planowanej inwestycji. Granice nieruchomości przestrzennej określone są za pomocą współrzędnych (x , y , z) punktów wyznaczających jej zasięg lub definiowane metodą opisową w odniesieniu do istniejących ścian, stropów, dachów, pięter itp. Tak wyodrębnione nieruchomości (3D) rejestrowane są w części opisowej katastru, a ich rzuty poziome przedstawiane na mapie ewidencyjnej [Eriksson, Adolfsso 2006, Karabin 2007, Sooner, Oosterom, Ploger, Aalders 2004].

Przedstawiając rozwiązania prawne umożliwiające wydzielenie nieruchomości przestrzennej (działki powietrznej) zauważyć należy, że w Szwecji nie zdefiniowano dotychczas pojęcia nieruchomości lokalowej jako odrębnego obiektu będącego przedmiotem prawa własności, który podlegałby obowiązkowi ujawnienia w systemie katastralnym. Przedmiotem obrotu prawnego nie jest w takich przypadkach wyodrębniona w określonych granicach przestrzennych rzecz, lecz prawo do zamieszkiwania we wskazanym lokalu w budynku będącym własnością spółdzielni, której kupujący staje się członkiem [Karabin 2008].

W Norwegii prace związane z usankcjonowaniem pojęcia nieruchomości trójwymiarowej rozpoczęte zostały w 1992 r. W ich wyniku powstała koncepcja umożliwiająca wyodrębnienie „działki powietrznej” w granicach przestrzennych przysługujących właścicielowi nieruchomości gruntowej. Zgodnie bowiem z prawem norweskim przestrzen-

ne granice prawa własności (wertykłane) ograniczone są tzw. klauzulą generalną określającą obszar racjonalnej i ekonomicznej eksploatacji. Poza tym obszarem odstąpiono od wymogu dokonywania wydzielenia działki powietrznej z tej przyczyny, że stanowił on już własność ogólnonarodową. Zgodnie z obowiązującym prawem wydzielenie nieruchomości przestrzennej uzależnione jest od wcześniejszego uzyskania przez inwestora pozwolenia na budowę, które wydawane jest na okres 3 lat, z tym jednak zastrzeżeniem, że możliwość wyodrębnienia działki powietrznej dopuszczalna jest wyłącznie w odniesieniu do już istniejących budynków lub działki gruntu, na obszarze której budowa taka jest realizowana. Prawne wyodrębnienie nieruchomości trójwymiarowej możliwe jest zatem wyłącznie w granicach prawa własności jakie przysługują posiadaczowi działki powierzchniowej. Działka powietrzna może zostać wyodrębniona prawnie w wyniku realizacji procedury podziału nieruchomości, w efekcie którego oznaczone zostaną jej parametry przestrzenne (x, y, z) lub w wyniku ustanowienia serwitutu (służebności) na działce gruntowej. W przypadku wyodrębnienia działki powietrznej inwestor nabywa prawo własności, podlegające obowiązkowi rejestracji w katastrze nieruchomości. Ustanowienie odpowiedniego serwitutu wymaga natomiast stosownej wzmianki w akcie notarialnym [Valstad 2003].

ZASADY REJESTROWANIA ODREBNEJ WŁASNOŚCI OBIEKTÓW BUDOWLANYCH I USTANAWIANIA PRAW DO ICH UŻYTKOWANIA

Ustawodawstwo polskie, podobnie jak i inne europejskie systemy prawne, których konstrukcja oparta została na rzymskiej regule superficies solo cedit, ustanawia generalną zasadę prawa cywilnego, że budynki i inne urządzenia trwale związane z gruntem stanowią części składowe nieruchomości gruntowej z wyjątkiem tych przypadków, gdzie na mocy odrębnych przepisów pozostają one przedmiotem oddzielnej własności (art. 46 *k.c.*).

Zgodnie z art. 48 *k.c.* „z zastrzeżeniem wyjątków w ustawie przewidzianych, do części składowych gruntu należą w szczególności budynki i inne urządzenia trwale z gruntem związane, jak również drzewa i inne rośliny od chwili zasadzenia lub zasiania”, które jako części składowe rzeczy nie mogą być odrębnym przedmiotem własności i innych praw rzeczowych (art. 47 § 1 *k.c.*). W odniesieniu do ustanowionej generalnej zasady superficies solo cedit ustawodawca wprowadził w art. 49 § 1 *k.c.* pewne wyjątki, na mocy których urządzenia służące do doprowadzania lub odprowadzania płynów, pary, gazu, energii elektrycznej oraz inne urządzenia podobne nie należą do części składowych nieruchomości, jeżeli wchodzą w skład przedsiębiorstwa lub zakładu. Zasada ta stanowi wyjątek od reguły określonej w art. 191 *k.c.*, według której własność nieruchomości rozciąga się na rzecz ruchomą połączoną z nieruchomością w taki sposób, że stała się jej częścią składową [Rudnicki, Dmowski 2003].

Jako odrębne od gruntu nieruchomości mogą zostać w szczególności wyodrębnione budynki lub części takich budynków (lokale), które:

- wzniesione zostały przez użytkownika wieczystego na gruntach Skarbu Państwa lub jednostek samorządu terytorialnego, albo nabyte na tych gruntach (art. 235 § 1 *k.c.*),
- przekazano na własność Rolniczej Spółdzielni Produkcyjnej wraz z gruntem oddanym w użytkowanie oraz wzniesione na takim gruncie przez spółdzielnię (272 *k.c.*), a także wzniesione przez nią na gruncie stanowiącym wkład gruntowy (art. 279 § 1 *k.c.*),

- znajdują się na gruntach stanowiących własność SP lub gminy i pozostawały w dniu 5 grudnia 1990 r. w zarządzie osób prawnych innych niż Skarb Państwa,
- stanowią garaże wybudowane na podstawie pozwolenia na budowę na gruncie SP lub gminy przez najemcę z własnych środków,
- wchodzi w skład nieruchomości przekazanych państwu przez rolnika itd., w zamian za rentę.

W obowiązującym polskim systemie prawa możliwość korzystania z nieruchomości przez osobę niebędącą jej właścicielem może przyjmować formę: użytkowania wieczystego, ograniczonych praw rzeczowych (użytkowanie, służebność, spółdzielcze prawo do lokalu), praw obligacyjnych czy prawa trwałego zarządu lub zarządu. Osoba dysponująca jednym z wymienionych praw może w zależności od posiadanego tytułu, w większym lub mniejszym zakresie korzystać z cudzej własności.

Z wymienionych rodzajów praw rzeczowych, obligacyjnych czy ustanawianych w trybie administracyjnym (trwały zarząd) lub na podstawie aktów normatywnych (zarząd) prawem, które przyznaje jego posiadaczowi najszersze władztwo nad rzeczą w zakresie możliwości korzystania z cudzej własności jest użytkowanie wieczyste, zgodnie z którym w granicach określonych przez ustawy i zasady współzycia społecznego oraz przez umowę o oddaniu nieruchomości gruntowej, o której mowa w art. 29 ust. 1 ustawy o gospodarce nieruchomościami [Ustawa 1997] (dalej zwana: *u.g.n.*) na określony w ustawie okres (art. 236 § 1 *k.c.*), użytkownik może korzystać z gruntu z wyłączeniem innych osób, i w tych granicach rozporządzać swoim prawem (art. 233 *k.c.*). Uprawnienie użytkownika wieczystego do korzystania z cudzej własności obejmuje w szczególności prawo do wznoszenia, w granicach przekazanej mu nieruchomości gruntowej, obiektów budowlanych i innych urządzeń, przy czym przysługujące mu prawo własności tych naniżeń jest ustawowo prawem związanym z użytkowaniem wieczystym (art. 235 *k.c.*), o charakterze *iuris cogentis*, które nie może być zmienione wolą stron. Prawo użytkowania wieczystego gruntu ma przy tym nadrzędny charakter w stosunku do własności wzniesionych na tym gruncie budynków i urządzeń, co oznacza, że głównym prawem w tej relacji pozostaje użytkowanie wieczyste, a prawem zależnym (akcesoryjnym) własność wzniesionych budynków i urządzeń. Z uwagi na akcesoryjny charakter tego prawa żadne z nich nie może samodzielnie stanowić przedmiot obrotu prawnego. Zgodnie bowiem z art. 241 *k.c.* wraz z upływem terminu trwania użytkowania wieczystego wygasają *ex lege* ustanowione na nim obciążenia, w tym prawo własności budynków i lokali (por. wyrok SN z dnia 8 lipca 1998 r. sygn. III CKU 15/98, Lex nr 550917) oraz innych urządzeń trwale z gruntem związanych, ograniczone prawa rzeczowe (użytkowanie, służebności, hipoteka), a także prawo najmu i dzierżawy oraz prawa i roszczenia osobiste ujawnione w księdze wieczystej [Rudnicki 2003].

Przedstawiając istniejące i projektowane możliwości rejestracji w polskim systemie katastralnym trójwymiarowych praw do zdefiniowanych nieruchomości o charakterze przestrzennym, warto zwrócić także uwagę na sytuację prawną, jaka powstaje w przypadku wyodrębnienia lokali usytuowanych w budynku położonym na gruncie oddanym w użytkowanie wieczyste. W wyniku dokonania tych czynności, zgodnie z art. 3 ustawy o własności lokali [Ustawa 1994], powstają trzy prawa ze sobą powiązane, tj. prawo własności lokalu, prawo współwłasności w częściach wspólnych budynku i prawo współużytkowania wieczystego przynależnego gruntu, z których własność lokalu pozostaje prawem głównym (nadrzędnym) w stosunku do pozostałych praw. Wszelkie zatem czyn-

ności formalne dotyczące rozporządzania prawem do nieruchomości lokalowej obejmują jednocześnie pozostałe prawa z nim związane.

Rozpatrując możliwość wykorzystania prawa użytkowania wieczystego na potrzeby rejestracji trójwymiarowych nieruchomości, w tym budynków i lokali, a także innych urządzeń trwale z gruntem związanych, zauważyć należy, że z uwagi na jego charakter nie nadaje się ono do wydzielenia w przestrzeni poszczególnych działek powietrznych, w obrębie których realizowane byłyby niezależne warstwowe projekty budowlane, w taki sposób, aby każdy z inwestorów posiadał „silny” i odrębny tytuł do wydzielonej przestrzeni umożliwiający mu realizację projektu, jego zabezpieczenie finansowe czy późniejszą eksploatację. Wszelkie bowiem naniesienia o charakterze trwałym stają się *ex lege* własnością użytkownika wieczystego i obciążają całą nieruchomość gruntową.

Inną formą korzystania z nieruchomości przez osobę niebędącą jej właścicielem jest prawo użytkowania, służebności, a także spółdzielcze prawo do lokalu jako ograniczone prawa rzeczowe, a także prawa obligacyjne w tym dzierżawa i najem. Analizując treść tych praw, a także uprawnienia osób, które nimi dysponują pod kątem możliwości realizacji inwestycji budowlanych, stwierdzić należy, że z uwagi na charakter:

- prawa użytkowania (art. 252 *k.c.*), a w szczególności fakt, iż jest to prawo niezbywalne, które najpóźniej wygasającej wraz ze śmiercią osoby, na rzecz której zostało ono ustanowione lub ustania bytu prawnego osoby prawnej,
- służebności gruntowej, która na mocy art. 285 § 2 *k.c.* może mieć jedynie na celu zwiększenie użyteczności nieruchomości władnącej lub jej oznaczone części,
- służebności osobistej, przysługującej określonej osobie i wygasającej wraz z jej śmiercią,
- umów obligacyjnych, na podstawie których zrealizowane obiekty budowlane stają się częścią składową nieruchomości gruntowej, są one niewystarczające jako prawne formy zabezpieczenia uprawnień osób realizujących inwestycje budowlane usytuowane nad lub pod powierzchnią gruntu, którego nie są właścicielem lub użytkownikiem wieczystym.

PROPONOWANE ZMIANY I WNIOSKI KOŃCOWE

Tradycyjne postrzeganie nieruchomości jako obszaru jednorodnego pod względem prawnym sprawia, że budynki i inne urządzenia trwale z tym gruntem związane stanowią w powszechnej opinii części składowe nieruchomości (*superficies solo cedit*), które nie mogą być przedmiotem odrębnej własności i innych praw rzeczowych (poza wyjątkami w ustawie przewidzianymi). Z tego też powodu w praktyce powstają realne problemy z ustaleniem stanu prawnego obiektów budowlanych zrealizowanych nad (mosty, wiadukty, napowietrzne ciągi komunikacyjne) czy pod powierzchnią (tunele) nieruchomości gruntowej przez inwestora, który nie jest jej właścicielem ani użytkownikiem wieczystym.

Aby zapobiec takim sytuacjom, należałoby, zdaniem autora, wzorem innych państw wprowadzić do polskiego porządku prawnego nowe pojęcie nieruchomości przestrzennej, które umożliwiłoby ustanowienie odrębnej własności obiektów budowlanych realizowanych nad czy pod powierzchnią gruntu (mosty, wiadukty, tunele, itp.). Prawo odpłatnego ustanowienia odrębnego tytułu własności do obiektu przestrzennego posadowionego

nad czy pod powierzchnią cudzego gruntu stworzyłoby sytuację umożliwiającą z jednej strony korzystanie z nieruchomości gruntowej przez jej dotychczasowego właściciela w ustalonych w umowie granicach, z drugiej zaś gwarantowałoby inwestorowi poczucie pewności prawnej i ekonomicznej w dysponowaniu tym obiektem, w szczególności w zakresie przenoszenia i ustanawiania praw w odniesieniu do tak wyodrębnionej trójwymiarowej działki powietrznej.

Proponowana możliwość prawnego wyodrębnienia nieruchomości trójwymiarowej nie dotyczyłaby obiektów budowlanych i innych urządzeń posadowionych bezpośrednio na powierzchni gruntu. W tych bowiem przypadkach realizacja tego rodzaju obiektów budowlanych winna być uzależniona od możliwości nabycia praw do nieruchomości gruntowej (lub jej części). W szczególnych przypadkach, nabycie to może nastąpić w trybie wywłaszczenia, na zasadach określonych w art. 112–135 *u.g.n.*

Po wyodrębnieniu działki powietrznej czynności prawne dokonywane w odniesieniu do nieruchomości gruntowej (wraz z jej częściami składowymi) nie wywierałyby zatem skutku w stosunku do obiektów budowlanych zrealizowanych nad czy pod jej powierzchnią.

Możliwość wyodrębnienia działki powietrznej mogłaby być uzależniona od uzyskania pozwolenia na budowę, pod warunkiem spełnienia kryterium odrębności technicznej nowo budowanego obiektu budowlanego, a także po uzyskaniu zapewnienia (w formie roszczenia cywilno-prawnego) ustanowienia niezbędnych służebności (jeżeli takie są niezbędne np. w zakresie konieczności konstrukcyjnego podparcia tych obiektów) umożliwiających racjonalne z nich korzystanie i eksploatację (dostęp).

Przeniesienie prawa własności do wyodrębnionej nieruchomości przestrzennej (obiektu budowlanego) powinno odbywać się w trybie cywilnym w formie umowy notarialnej (pod rygorem jej nieważności) lub w przypadkach ściśle określonych w spec-ustawach, w trybie administracyjnym. Skuteczność czynności prawnych związanych z wyodrębnieniem nieruchomości winna być warunkowana wpisem do księgi wieczystej, na podobnych zasadach jakie obowiązują przy wyodrębnianiu samodzielnych lokali. Odrębna własność obiektu budowlanego mogłaby także powstać w wyniku wykonania umowy zobowiązującej do przeniesienia praw do działki powietrznej, zawartej pomiędzy właścicielem nieruchomości gruntowej (użytkownikiem wieczystym) a inwestorem po zakończeniu budowy. Roszczenie cywilno-prawne wynikające z umowy zobowiązaniowej winno być ujawnione w dziale III księgi wieczystej.

Wprowadzenie do obiegu prawnego nowego pojęcia nieruchomości przestrzennej (działki powietrznej) wymagałoby zmiany istniejących regulacji w tym zakresie, a w szczególności przededefiniowania treści art. 140 i 143 *k.c.*, zgodnie z którymi wyznacznikami granic własności są ustawy i zasady współżycia społecznego, a wyznacznikami sposobu korzystania przez właściciela z przynależnego mu prawa jest społeczno-gospodarcze przeznaczenie gruntu [Rudnicki 2003]. Proponowana zmiana, wzorem przywołanego wcześniej rozwiązania amerykańskiego, mogłaby polegać na zastąpieniu klauzul generalnych, o których mowa w art. 140 i 143 *k.c.*, zapisami ustawowymi ściśle określającymi sposób wyznaczenia przestrzennych granic prawa własności (np. na podstawie miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego, rodzaju zabudowy, ustalonej *a priori* wysokość nad powierzchnią terenu czy dachu budynku itp.), których zasięg winien być ujawniony w katastrze nieruchomości za pomocą współrzędnych (x, y, z) punktów granicznych wyznaczających ten obszar [Karabin 2008].

działki powietrznej dotyczyłaby jedynie przestrzeni, w tak określonych granicach. Poza nimi prawo własności do przestrzeni należałoby do Skarbu Państwa.

Konieczna byłaby także zmiana treści art. 46 § 1 *k.c.*, w którym zdefiniowane zostało samo pojęcie nieruchomości gruntowej. Obecnie odrębną nieruchomością mogą być budynki lub ich części, jeżeli na mocy przepisów szczególnych stanowią odrębny od gruntu przedmiot własności. Proponowana korekta dotyczyłaby zastąpienia pojęcia budynku (lub jego części) innym szerszym określeniem, np. obiektem budowlanym, wymagającym pozwolenia na budowę, którym mogłyby być w szczególności budynki, ich części, ale także wszelkiego rodzaju budowle inżynierskie, w tym mosty, wiadukty, tunele, podziemne parkingi, napowietrzne linie komunikacyjne itp., stanowiące odrębny od gruntu przedmiot własności.

Obiekty budowlane zlokalizowane nad czy pod powierzchnią gruntu stanowiące element infrastruktury technicznej (np. mosty, wiadukty, tunele itd.) mogłyby być wyłączone z działania zasady *superficies solo cedit* (art. 47 § 2 *k.c.*) jako części składowe (np. drogi, linii kolejowej itp.), które pozostają odrębnym od gruntu przedmiotem własności, na zasadach opisanych w art. 49 *k.c.* Do wymienionego tam katalogu urządzeń służących do doprowadzania wody, pary, gazu, prądu itp., które nie są częściami składowymi nieruchomości (jeżeli wchodzi w skład przedsiębiorstwa), należałoby wówczas dopisać tego rodzaju ściśle zdefiniowane obiekty budowlane. Możliwość realizacji tych obiektów uzależniona byłaby jedynie od uzyskania stosownego tytułu prawnego w postaci prawa użytkowania, służebności czy wynikałaby z zawartych umów o charakterze zobowiązaniowym. Podkreślić należy, że proponowana zmiana polegająca na wprowadzeniu do obiegu prawnego nowego rodzaju nieruchomości dotyczyłaby obiektu budowlanego zlokalizowanego nad czy pod powierzchnią gruntu, a nie *stricte* samej przestrzeni powietrznej, tak jak to zostało zdefiniowane w ustawodawstwie innych państw.

Wyodrębnione formalnie nieruchomości (w tym obiekty budowlane) winny być rejestrowane w katastrze w układzie trójwymiarowym (x, y, z) umożliwiającym określenie ich przestrzennych granic własności nad i pod powierzchnią gruntu z zachowaniem wielopoziomowych relacji prawnych i geometrycznych zachodzących pomiędzy przedmiotem (tj. działką gruntową, działką powietrzną, budynkiem, lokalem, obiektem budowlanym) a podmiotem prawa.

Rejestracja w katastrze działek przestrzennych (3D) i praw z nimi związanych może odbywać się z zastosowaniem metody [Stoter, Salzman 2001]:

1. Geometrycznej – jako docelowej, polegającej na ścisłym określeniu współrzędnych (x, y, z) punktów wyznaczających zasięg przestrzenny praw przysługujących właścicielowi wyodrębnionej nieruchomości trójwymiarowej (3D), a także praw na rzeczy cudzej (prawa o charakterze przestrzennym) – rozwiązanie to wymaga uprzedniej zmiany prawa cywilnego w zakresie umożliwiającym wyodrębnienie tzw. działki powietrznej czy też obiektów budowlanych, w odniesieniu do których ustanowione zostały niezależne od gruntu prawa własności. Przyjęcie takiego rozwiązania wymagałoby także jednoznacznego zdefiniowania wzajemnych zależności prawnych i topologicznych pomiędzy poszczególnymi wyodrębnionymi nieruchomościami przestrzennymi (obiettami ewidencyjnymi) na powierzchni gruntu, a także nad i pod jego powierzchnią. Docelowo wszystkie obiekty ewidencyjne rejestrowane byłyby w układzie 3D za pomocą ściśle określonych funkcji geometrycznych i operatorów umożliwiających zachowanie wzajemnych relacji pomiędzy poszczególnymi wyodrębni-

nymi w przestrzeni obiektami ewidencyjnymi (np. w celu uniknięcia nakładania się obiektów), jak i topologii samej struktury bazy danych zapewniających kontrolę jej poprawności.

2. Mieszanej (hybrydowej) – dotychczasowej, polegającej na połączeniu metody geometrycznej stanowiącej podstawę ustalenia zasięgu prawa własności (granic) do wyodrębnionej nieruchomości na powierzchni ziemi (np. granice działki, zarys rzutu budynku) w układzie (2D) współrzędnych prostokątnych płaskich (x, y) uzupełnionej charakterystyką opisową (np. ilość kondygnacji budynku, funkcja budynku, powierzchnia zabudowy, powierzchnia użytkowa budynku, ilość wyodrębnionych lokali w budynku, funkcja lokalu, powierzchnia użytkowa lokalu itd.) oraz innymi dokumentami architektoniczno-budowlanymi (projekt budowlany, szkic wyodrębnionych lokali w budynku, inwentaryzacja budynku itp.) pozwalającymi uściślić zakres przestrzenny przysługującego prawa do wyodrębnionej rzeczy, a także ustalić zależności geometryczne i prawne zachodzące pomiędzy nimi. Dokumenty tego rodzaju gromadzone są poza numeryczną bazą danych ewidencyjnych.
3. Pośredniej, polegającej na rozwinięciu dotychczasowych rozwiązań hybrydowych o tzw. 3D tags w zakresie umożliwiającym gromadzenie bezpośrednio w systemie katastralnym obiektów ewidencyjnych w układzie 2D, a w odniesieniu do obiektów 3D stworzenie możliwości gromadzenia powiązanych z nimi dokumentów cyfrowych (planów architektonicznych, rysunków, szkiców itp.) zintegrowanych w jednej bazie katastralnej.

Ustanowienie odrębnej własności w odniesieniu do części już istniejących lub projektowanych budynków w polskim systemie prawnym ma już swój precedens, jakim jest możliwość wyodrębnienia samodzielnych lokali mieszkalnych lub lokali o innym przeznaczeniu. W odniesieniu do tak zdefiniowanej nieruchomości przestrzennej i praw z nią związanych kataster winien posiadać możliwość określenia położenia tego rodzaju obiektu w układzie 3D (x, y, z) zapewniającym jednoznaczne ustalenie zasięgu prawa własności do wyodrębnionych w budynku lokali wraz z pomieszczeniami pomocniczymi, a także praw do rzeczy wspólnej (udział w częściach wspólnych budynku i przynależnym gruncie).

Kataster 3D powinien obejmować nie tylko możliwość rejestracji danych geometrycznych (x, y, z) dotyczących trójwymiarowych obiektów ewidencyjnych, ale także praw o charakterze czasowo-przestrzennym ustanawianych na rzeczy cudzej. Czas trwania (t) określonego prawa stanowi bowiem wyznacznik trwałości wyodrębnionego obiektu ewidencyjnego (np. użytkowania wieczystego, ograniczonych praw rzeczowych czy też praw o charakterze obligacyjnym) i wyznacza tym samym czwarty wymiar katastru (4D). Rozwój technologii pomiarowych i informatycznych sprawi, że w nieodległej przyszłości dane ewidencyjne (x, y, z, t) aktualizowane będą w czasie rzeczywistym, w sposób gwarantujący integralność i spójność tych baz danych.

PIŚMIENNICTWO

- Dajczak W., Giaro T., Longchamps De Bérier F., 2009. Prawo rzymskie. Wydawnictwo Prawnicze PWN. Warszawa.
- Dmowski St., Rudnicki St., 2003. Komentarz do kodeksu cywilnego. Księga pierwsza. LexisNexis. Warszawa.
- Eriksson G., Adolffson C., 2006. Experiences of the 3D Cadastre Legislation, Shaping the Change – XXIII FIG Congres, Munich, Germany, www.gdmc.nl/3DCadastres/literature; 10.04.2012.
- Ignatowicz J., 1995. Prawo rzeczowe. Wydawnictwo Prawnicze PWN. Warszawa.
- Julstad B., Ericsson A., 2008. Property Formation and Three-Dimensional Property Unites in Sweden, dostęp: www.gdmc.nl/3DCadastres/literature/3Dcad_cad_2008_03.pdf; 10.04.2012.
- Karabin M., 2007. Analiza istniejących rozwiązań w zakresie katastrów trójwymiarowych (tzw. 3D) w wybranych krajach Unii Europejskiej. Przegląd Geodezyjny, 12, Warszawa.
- Karabin M., 2008. Analiza istniejących rozwiązań w zakresie katastrów trójwymiarowych (tzw. 3D) w wybranych krajach Unii Europejskiej, Przegląd Geodezyjny, 1, Warszawa.
- Paulsson J., 2008. 3D Property – Types of Rights and Management Factors (dostęp: www.gdmc.nl/3DCadastres/literature/3Dcad_cad_2008_03.pdf; 10.04.2012).
- Paulsson J., 2008. 3D Property – Types of Rights and Management Factors (dostęp: www.gdmc.nl/3DCadastres/literature; 10.04.2012).
- Rudnicki S., 2003. Komentarz do kodeksu cywilnego. Księga druga. Własność i inne prawa rzeczowe. LexisNexis. Warszawa.
- Sandberg H., 2009. Three-Dimensional Division and Registration of Title To Land, Legal Aspects (dostęp: www.gdmc.nl/3DCadastres/Literature; 10.04.2012).
- Sooner J.E., Oosterom P., Ploger H.D., Aalders H.A., 2004. Conceptual 3D Cadastral Model Applied in General Countries, dostęp: ([dostęp: http://www.net/pub/athens/papers/ts25/TS25_1_Stoter_et_al.pdf](http://www.net/pub/athens/papers/ts25/TS25_1_Stoter_et_al.pdf). FIG Working Week 2004, Athens, Greece, 10.04.2012).
- Valstad, T., 2003. The Oslo Method: a practical approach to register 3D properties. FIG Working Week, Paris, France (dostęp: www.gdmc.nl/3DCadastres/literature; 10.04.2012).
- Stoter J., Salzmann M., 2001. Towards a 3D Cadastre: Where do Cadastral Needs and Technical Possibilities Meet? (dostęp: www.gdmc.nl/publications/2001/Towards_3D_cadastre.pdf; 01.04.2012).
- Ustawa z dnia 21 sierpnia 1997 r., O gospodarce nieruchomościami (t.j. Dz.U. z 2010 r., Nr 102, poz. 651 ze zm.)
- Ustawa z dnia 23 kwietnia 1964 r. – Kodeks cywilny (Dz.U. Nr 16, poz. 93 ze zm.)

TEMPORAL SPATIAL PROPERTY REGISTRATION IN A MULTI-DIMENSIONAL REAL ESTATE CADASTRE – POTENTIAL CHANGES TO THE EXISTING MODEL

Abstract. This article presents the possible legal aspects of introducing the concept of three-dimensional real estate (spatial parcel) into the Polish legal system and the need to more precisely define the spatial boundaries of property rights. This issue is presented with reference to the legal principles that exist in the US, Sweden and Norway. The need for new institutional arrangements is preceded by a discussion of the current registration policy in Poland for the individual ownership of buildings and the establishment of rights of usage. The article also includes comments on the necessity of establishing a multi-dimensional real estate cadaster that enables the registration of individual spatial properties (including the particulars of buildings, structures, locations,

constructed sites, and technical infrastructure), all associated legal rights and a three-dimensional visualization.

Keywords: real estate cadastre, 3D real estate, three-dimensional property rights, 3D parcel

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 29.03.2013

Do cytowania – For citation: Falcenloben D., 2013. Czasowo-przestrzenne obiekty ewidencyjne w wielowymiarowym katastrze nieruchomości – perspektywa zmian istniejącego modelu. *Acta Sci. Pol. Geod. Descr. Terr.*, 12 (1), 5–18.

ODDZIAŁYWANIE INWESTYCJI LINIOWYCH NA GRUNTY ROLNE NA PRZYKŁADZIE ODCINKA AUTOSTRADY A4 ŻYRAKÓW – PASZCZYNA

Stanisław Bacior, Izabela Piech

Streszczenie. Opracowana uproszczona metoda szacowania oddziaływania autostrady na grunty rolne pozwala na określenie wszystkich strat związanych z kierunkami tego oddziaływania. Podstawą ustalenia strat jest analiza zmienności użytkowania gruntów i klas bonitacyjnych oraz rozmieszczenia dróg dojazdowych do gruntów wzdłuż osi projektowanej autostrady. Przyjętą miarą wielokierunkowego oddziaływania autostrady na grunty rolne jest określona zmiana wartości gruntów, przy której wyznaczeniu uwzględniono jedynie zróżnicowanie ich przydatności do produkcji rolniczej. Wartość ta jest więc miernikiem przydatności gruntów do produkcji rolniczej.

Opracowana metoda określania oddziaływania autostrady na grunty rolne jest przedstawiona na przykładzie projektowanego odcinka autostrady A4 między Tarnowem a Rzeszowem o długości 12,088 km biegnącego przez wsie Żyraków, Kędzierz, Pustynię, Brzeźnice, Paszczynę. Są to tereny położone w województwie podkarpackim.

Budowa jednego kilometra rozpatrywanego odcinka autostrady spowoduje obniżenie wartości gruntów rolnych wynoszące 1926 jednostki zbożowej. Przejmowanie gruntów pod budowę autostrady oraz negatywne jej oddziaływanie obejmuje około 76% całkowitej utraty wartości gruntów rolnych. Pozostałe 24% utraty wartości gruntów wiąże się z przyrostem transportu i pogorszeniem rozłogu działek.

Słowa kluczowe: wartość gruntów rolnych, oddziaływanie autostrady, rozłóg gospodarstwa

WSTĘP

Oceny oddziaływania budowy autostrady na grunty rolne dokonano metodą uproszczoną pozwalającą na wstępną ocenę tego oddziaływania w fazie określania trasy jej przebiegu [Harasimowicz 1998, Bacior 2001, Harasimowicz 2002, Harasimowicz 2005, Bacior 2010, Bacior 2011]. W ustaleniach wstępnych określana jest zmienność jakości gleb na trasie autostrady, rozmieszczenie dróg i wiaduktów autostradowych, powierzchnie grun-

© Copyright by Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Adres do korespondencji – Address correspondence to: Bacior Stanisław, Katedra Geodezji Rolnej, Katastru i Fotogrametrii, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, ul. Balicka 253a, 30-198 Kraków
e-mail: rmbacior@cyf-kr.edu.pl

tów rolnych, do których dojazdy wiążą się z przekroczeniem pasa autostrady, parametry rozlogów działek przeciętych autostradą oraz rozmieszczenie pasów zieleni ochronnej. Wymienione dane są podstawą do określenia zmienności pod wpływem budowy autostrady tych cech gruntów, które decydują o ich przydatności produkcyjnej i są następnie wykorzystywane do całościowego oszacowania wpływu budowy autostrady na grunty rolne.

Zastosowana metoda pozwala na całościowe oszacowanie oddziaływania autostrady na grunty rolne obejmujące [Wilkowski 1995, Harasimowicz 1998] utratę gruntów przejmowanych pod pas drogowy, obniżenie możliwości produkcyjnych gruntów położonych w pobliżu autostrady oraz pogorszenie rozlogu gospodarstw przeciętych autostradą. Przyjętą miarą wielokierunkowego oddziaływania autostrady jest pewna odmiana wartości tych gruntów, przy której określaniu uwzględniono jedynie ich przydatność produkcyjną [Hopfer 1991, Cymerman 1992, Bacior, Harasimowicz 2005]. Wartość ta jest więc w istocie miernikiem waloryzacji przydatności rolniczej gruntów do produkcji rolniczej.

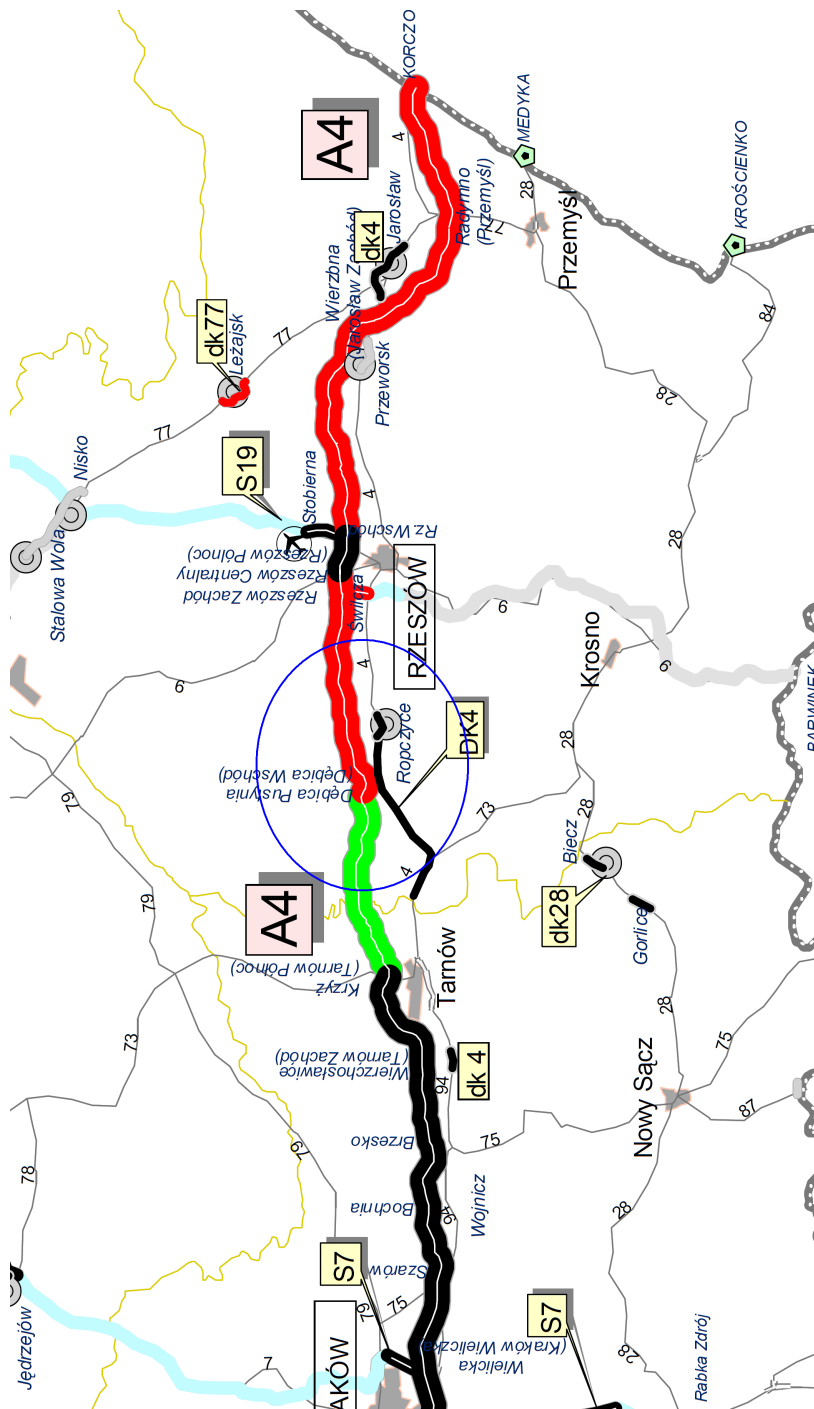
Zastosowana metoda ma charakter uproszczony, co znacznie zmniejsza jej pracochłonność i pozwala na wykorzystanie przy ocenie rozpatrywanych wariantów przebiegu trasy autostrady. Procedura obliczeniowa związana z określeniem oddziaływania autostrady została zautomatyzowana za pomocą opracowanego programu komputerowego, co dodatkowo ułatwia jej zastosowanie.

CHARAKTERYSTYKA BADANEGO ODCINKA AUTOSTRADY A4

Opracowaną metodę oceny oddziaływania autostrady na grunty rolne zastosowano na odcinku Bratkowice – Mrowla o długości około 11 kilometrów. Omawiany odcinek autostrady przebiega przez dwie wsie: Bratkowice i Mrowla w gminie Świlcza. Są to wsie znajdujące się w powiecie rzeszowskim (ryc. 1).

Poprawnie poprowadzona trasa autostrady powinna przebiegać wzdłuż granic wsi w możliwie dużej odległości od większych skupisk zabudowy. Taki przebieg autostrady ułatwia ograniczenie przyrostu transportu rolnego na drogach powodowanego odcięciem gruntów od siedlisk oraz zmniejsza uciążliwość wzmożonego ruchu samochodowego dla okolicznych mieszkańców. Przebieg autostrady na rozpatrywanym odcinku spełnia w stosunkowo dużym stopniu przedstawione wymagania. Trasa projektowanej autostrady położona jest przeważnie w pobliżu granic wsi. Projektowana trasa autostrady omija główne centra osadnicze wsi w możliwie największej od nich odległości. Omija ona również większe pasma zwartej zabudowy, a gdy nie jest to możliwe przecina je w miejscach, gdzie gęstość tej zabudowy jest najmniejsza.

Badany odcinek projektowanej autostrady A4 przecina 43 drogi, z których 10 wyposażonych będzie w wiadukty autostradowe, są to jednak w większości drogi zabezpieczające transport tylko do działek, na których się znajdują. Wiadukty autostradowe odległe są od siebie średnio o 1209 m. Odległość między wiaduktami autostradowymi jest jednym z wyjściowych parametrów służących do oceny oddziaływania autostrady na wzrost transportu rolnego. Stosunkowo duża liczba wiaduktów oraz niewielka odległość między nimi wskazują na mały wpływ budowy autostrady na przejazdy do gruntów.



Ryc. 1. Autostrada A4 z zaznaczonym badaniem odcinkiem między Żyraków – Paszczyzna [www.gddkia.gov.pl]
 Fig. 1. Motorway 'A4' with the marked researched section between the towns of Żyraków – Paszczyzna

Przeciętna odległość między drogami przeciętymi autostradą wynosi 281 m. Na podstawie odległości między drogami można oszacować gęstość dróg rolniczych w pobliżu autostrady na około 52 m/ha.

Przy szacowaniu oddziaływania badanego odcinka autostrady na grunty rolne przyjęto, że jej szerokość jest zbliżona do maksymalnej i wynosi 70 m bez uwzględniania pasów zieleni ochronnej. Przyjęto również, że pasy ochronne mają szerokość 30 m. Całkowita szerokość pasa autostradowego zmieniać się będzie od 70 do 130 m zależnie od występowania pasów ochronnych po jednej lub obu jej stronach. Przyjęcie takich założeń umożliwi oszacowanie stosunkowo wysokich kosztów wykupu szerokiego pasa autostrady, które mogą być odpowiednio zmniejszane stosownie do rzeczywistej szerokości tego pasa.

Przeciętna szerokość badanego odcinka autostrady wynosi 70 m, z czego wynika, że pasy ochronne nie występują na całej długości autostrady.

WPLYW AUTOSTRADY NA JEDNOSTKOWĄ WARTOŚĆ GRUNTÓW

Ceny gruntów przejmowanych pod budowę autostrady zmieniają się w badanych wsiach od 84 do 73 jedn. zboż./ha. Opisywane obniżenia wartości dotyczą gruntów wykorzystywanych rolniczo. Najwyższe ceny gruntów uzyskano na odcinku Żyraków – Kędzierz (119,22 jedn. zboż./ha). Najmniejszą przydatność do produkcji rolniczej i wartość wynoszącą 73,47 jedn. zboż./ha posiadają grunty położone we wsi Pustynia. Cena ziemi przejmowanej pod budowę autostrady nie wykazuje zbyt dużego zróżnicowania podobnie jak jej bonitacja.

Ceny gruntów położonych w strefie toksycznego oddziaływania autostrady są oczywiście znacznie niższe niż gruntów przejmowanych pod jej budowę. W badanych wsiach zmieniają się w niewielkich granicach kształtujących się na poziomie 63 jedn. zboż./ha.

Ceny gruntów, do których wzrosną odległości z siedlisk po wybudowaniu autostrady zmieniają się we wsiach od około 63 do 107 jedn. zboż./ha.

Grunty odcięte od siedlisk pasem autostrady z wydłużonym dojazdem przez wiadukty mają obniżoną cenę o około 1–23% w porównaniu z gruntami przejmowanymi pod jej budowę. To stosunkowo niskie obniżenie wartości gruntów powodowane jest małym wzrostem odległości od zagród rolniczych, co z kolei zależy od odległości między sąsiednimi wiaduktami. Największe obniżenie ceny gruntów wynoszące około 23% obserwować można w końcowym odcinku – wsi Brzeźnica i Paszczyzna, w których przyrost odległości do gruntów powodowany budową autostrady przekracza 1016 m. Najmniejsze obniżenie jednostkowej wartości gruntów na skutek wzrostu odległości od siedlisk wynoszące około 1% pojawia się we wsi Pustynia, gdzie wzrost ten nie przekracza 429 m.

Jednostkowe wartości działek, których rozłóg uległ pogorszeniu po ich przecięciu autostradą, różnią się co do wartości gruntów odciętych od siedlisk pasem autostrady, co świadczy o dużym zakresie zmienności tych cech w badanych wsiach zawarty w granicach od 65 do 93 jedn. zboż./ha. Zakres obniżenia ceny gruntów o pogorszonym rozłogu jest większy niż gruntów odciętych autostradą od siedlisk i wynosi przeciętnie 18%, zmieniając się w poszczególnych wsiach od 17 do 19%.

Obniżenie jednostkowej wartości gruntów powodowane niekorzystnymi zmianami rozłogu działek przeciętych autostradą wiąże się głównie ze zmniejszeniem ich długości

i powierzchni. Rozmiary tego obniżenia zależą od przestrzennych parametrów działek przecinanych autostradą. Obniżenie ceny gruntów spowodowane pogorszeniem rozłogu działek w badanych wsiach są podobne i kształtują się na poziomie około 18%. Działki w badanych wsiach są stosunkowo duże, biorąc pod uwagę strukturę gruntów w tym rejonie, i wynoszą od 54 do 128 arów. Po przecięciu autostradą działki w tych wsiach będą miały długości krótsze o 70 m, co utrudni ich uprawę, obniży dochodowość i cenę gruntów. Nieco mniejsze obniżenie ceny gruntów wiązać się będzie z przecięciem przez pas autostrady działek dużych i odpowiednio długich.

OBNIŻENIE WARTOŚCI GRUNTÓW ROLNYCH NA SKUTEK BUDOWY AUTOSTRADY

W tabeli 1 przedstawiono obniżenie wartości gruntów rolnych powodowane budową badanego odcinka autostrady w rozbiciu na cztery rozpatrywane kierunki jej oddziaływania dla badanych wsi. Obniżenia te uwzględniają zarówno zmiany jednostkowej wartości gruntów, jak również odpowiadające im powierzchnie gruntów objętych określonym kierunkiem oddziaływania autostrady.

Całościowe straty w wartości gruntów rolnych na badanym odcinku autostrady długości około 12 km wynoszą 21437,6 jedn. zboż. (tab. 1, kol. 19). Pod budowę autostrady zostaną przejęte grunty o wartości 8030,4 jedn. zboż. (tab. 1, kol. 15) – jedynie one zostaną wykupione przez inwestora. Wykup gruntów zajętych przez pas drogowy pokrywa około 38% strat dotyczących gruntów rolnych, jakie spowoduje budowa autostrady. Obniżenie przydatności rolniczej gruntów prowadzące do zmniejszenia ich wartości związane z toksycznym oddziaływaniem autostrady, odcięciem gruntów od siedlisk i pogorszeniem rozłogu działek nie jest objęte wypłatą odszkodowań, mimo że ustawa o autostradach i ochronie gruntów nakłada na inwestora obowiązek pokrycia wszelkich szkód związanych z jego działalnością. Oszacowane straty w gruntach rolnych dotyczące obniżenia ich produktywności wiązać się mogą w gospodarstwach rolnych z niepełnym wykorzystaniem posiadanych środków produkcji, a w szczególności środków trwałych takich jak budynki inwentarskie i większe maszyny rolnicze. Może to być powodem powstawania dodatkowych strat ponoszonych przez gospodarstwa rolne pośrednio związanych z budową autostrady. Zmniejszenie powierzchni gospodarstwa może na przykład doprowadzić do zmniejszenia liczby chowanych zwierząt, a przez to do niewykorzystywania wszystkich stanowisk w oborze [Bacior, Harasimowicz 2005, Bacior 2010, 2011]. Biorąc pod uwagę podobną wartość ziemi i pozostałych trwałych środków produkcji rolniczej w gospodarstwie, rzeczywiste straty gospodarstw rolnych powodowane budową autostrady można oszacować jako dwa razy większe od ubytku wartości gruntów rolnych. Na podstawie przeprowadzonych badań można więc stwierdzić, że wykup gruntów pod budowę autostrady pokrywa zaledwie czwartą część strat jakie ponoszą gospodarstwa rolne w związku z budową autostrady. W praktyce jednak cena wykupu ziemi pod autostrady jest 3–4 razy większa od przeciętnej ceny gruntów rolnych [Żak 2002].

Obniżenie wartości gruntów powodowane budową autostrady w badanych wsiach jest zróżnicowane i zmienia się od 2569 do 9703 jedn. zboż. (tab. 1, kol. 19). Wynika to z faktu zróżnicowania długości odcinków autostrady w tych wsiach, ale także jakości gruntów i częstotliwości występowania użytków rolnych na trasie autostrady.

Tabela 1. Obniżenie wartości dochodowej gruntów na skutek budowy autostrady w badanych wsiach
Table 1. Decrease in value of arable lands in examined villages due to motorway construction

| Lp. | Nazwa odcinka autostrady | Obniżenie wartości gruntów rolnych na 1 km autostrady: [jedm. zb./ha] | | | Udział w stosunku do wartości gruntów przejmowanych pod budowę autostrady dotyczący: [%] | | | Udział w całkowitym obniżeniu wartości gruntów rolnych dotyczący: [%] | | | Obniżenie wartości gruntów powodowane budową autostrady dotyczący: [jedm. zb./ha] | | | | | | | |
|----------------------|--------------------------|---|--|---|--|---|--|---|---|---|---|-------|---|---|--|--------|--------|---------|
| | | cały odcinek | z uwzględnieniem dużych kompleksów leśnych | przejęcia gruntów pod budowę autostrady | przejęcia gruntów pod budowę autostrady | obniżenia jakości gruntów położonych w pobliżu autostrady | wzrostu odległości gruntów od siedzisk pogorszenia rozlogu działek | razem | przejęcia gruntów pod budowę autostrady | obniżenia jakości gruntów położonych w pobliżu autostrady | wzrostu odległości gruntów od siedzisk pogorszenia rozlogu działek | razem | przejęcia gruntów pod budowę autostrady | obniżenia jakości gruntów położonych w pobliżu autostrady | wzrostu odległości gruntów od siedzisk pogorszenia rozlogu działek | razem | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
| 1. | Żyraków – Kędzierz | 1992,7 | 2164,4 | 100,0 | 102,9 | 18,0 | 46,0 | 266,8 | 37,5 | 38,5 | 6,7 | 17,2 | 100,0 | 3435,0 | 3533,2 | 617,4 | 1580,8 | 9166,3 |
| 2. | Pustynia | 1096,8 | 1251,2 | 100,0 | 102,9 | 0,5 | 47,2 | 250,5 | 39,9 | 41,1 | 0,2 | 18,8 | 100,0 | 1025,5 | 1054,8 | 4,8 | 483,6 | 2568,8 |
| 3. | Brzeźnica – Pasieczyna | 1912,2 | 1951,0 | 100,0 | 102,9 | 23,2 | 45,7 | 271,8 | 36,8 | 37,8 | 8,5 | 16,8 | 100,0 | 3569,8 | 3671,8 | 828,2 | 1632,6 | 9702,5 |
| Razem suma | | | | | | | | | | | | | | 8030,4 | 8259,8 | 1450,4 | 3697,0 | 21437,6 |
| Razem średnia | | 1667,2 | 1788,9 | 100,0 | 102,9 | 13,9 | 46,3 | 263,0 | 38,1 | 39,2 | 5,2 | 17,6 | 100,0 | 2676,8 | 2753,3 | 483,5 | 1232,3 | 7145,9 |
| Razem średnia ważona | | 1784,1 | 1903,7 | | 102,9 | 17,8 | 46,1 | 266,7 | 37,5 | 38,5 | 6,8 | 17,2 | 100,0 | | | | | |
| Żyraków – Pasieczyna | | 1805,5 | 1925,8 | 100 | 102,9 | 17,2 | 46,6 | 266,7 | 37,5 | 38,6 | 6,5 | 17,5 | 100 | 8184,6 | 8418,4 | 1408,9 | 3813,1 | 21825,0 |

* Pola zaliczowane wskazują na dane najbardziej wiarygodne

W tabeli 1 (kol. 3) przedstawiono obniżenie wartości gruntów powodowane budową autostrady przeliczone na jeden kilometr jej długości. Parametr ten zmienia się w badanych wsiach w szerokich granicach od 1097 do 1993 jedn. zboż./km. Podobną zmienność wykazuje wskaźnik określający obniżenie wartości gruntów rolnych odniesiony do jednego kilometra autostrady przebiegającej wyłącznie przez grunty rolne (tab. 1, kol. 4). Wskaźnik ten zmienia się na badanych odcinkach od 1251 do 2164 jedn. zboż./km. Zmiany obniżenia wartości gruntów rolnych pod wpływem budowy autostrady wiążą się głównie ze zmianami ich bonitacji. Poprawa jakości gleb powoduje proporcjonalne zwiększenie obniżenia wartości gruntów powodowanego oddziaływaniem autostrady.

Przejęcie gruntów pod budowę autostrady obejmuje przeciętnie około 38% całkowitej utraty wartości gruntów powodowanej jej budową (tab. 1, kol. 10).

Obniżenie jakości gruntów położonych w pobliżu autostrady obejmuje przeciętnie 39% całkowitego obniżenia wartości gruntów rolnych związanego z jej budową (tab. 1, kol. 11). Udział szkodliwego sąsiedztwa autostrady w całkowitym obniżeniu wartości gruntów rolnych powodowanym jej budową kształtuje się na poziomie od 38 do 41%. Podobnie jak w przypadku przejmowania gruntów pod budowę autostrady udział ten zależy od częstości występowania pasów zieleni ochronnej. Brak tych pasów ochronnych sprawia, że mniej gruntów przejmowanych jest pod budowę autostrady, a więc straty związane z tym kierunkiem oddziaływania autostrady są mniejsze. Większe jest natomiast w takiej sytuacji zmniejszenie wartości gruntów poddanych toksycznemu oddziaływaniu autostrady. Łączny wpływ przejmowania gruntów pod budowę autostrady oraz szkodliwego jej oddziaływania na grunty położone w jej pobliżu wynosi około 77% całkowitego oddziaływania autostrady na grunty rolne i zmienia się w niewielkich granicach w poszczególnych wsiach. Można na tej podstawie wnioskować, że straty związane z zakładaniem pasów zieleni ochronnej równoważne są zmniejszeniu toksycznego oddziaływania autostrady na grunty rolne. Przemawia to za częstszym stosowaniem pasów zieleni ochronnej, ponieważ zmniejszają one zatrucie środowiska w pobliżu autostrady, przy niezmiennym całościowym wpływie na grunty rolne.

Inwestorzy unikają jednak projektowania tych pasów i stosuje się je przeważnie tylko wtedy, gdy jest to niezbędne, ponieważ zwiększają one ilość gruntów, które podlegają wykupieniu.

Towarzyszące brakowi pasów zieleni ochronnej zwiększone straty związane ze szkodliwym oddziaływaniem autostrady nie są wypłacane poszkodowanym, dzięki czemu nie obciążają inwestora.

Pogorszenie struktury przestrzennej wsi i gospodarstw powodowane budową autostrady, obejmujące niekorzystne zmiany rozłogu działek i wzrost ich oddalenia od siedlisk, prowadzi do utraty wartości gruntów rolnych obejmującej około 23% całkowitego jej wpływu na te grunty. Rozpatrywane obniżenie wartości gruntów zmienia się w poszczególnych wsiach przeważnie w granicach od 19 do 25% (tab. 1, kol. 12 i 13). Łączne straty związane z pogorszeniem struktury przestrzennej gospodarstw wywoływanej budową autostrady są zwykle stosunkowo niewielkie, dorównują jednak niekiedy obniżeniu wartości gruntów wynikającemu z ich przejmowania pod budowę autostrady.

Obniżenie wartości gruntów rolnych powodowane zmianą rozłogu działek przeciętnych autostradą jest podobne we wsiach i obejmuje około 17–19% całkowitego oddziaływania autostrady na te grunty. Znacznie mniej wpływa na obniżenie wartości gruntów rolnych przyrost odległości powodowany ich odcięciem od siedlisk pasem autostrady.

Przeciętne obniżenie wartości gruntów rolnych powodowane tym kierunkiem oddziaływania autostrady w stosunku do całkowitego jej wpływu na wartość gruntów wynosi 1 do 9% (tab. 1, kol. 12). Może to świadczyć o dobrym rozmieszczeniu sieci dróg transportu rolniczego, które w znacznej mierze zaopatrzone zostaną w wiadukty.

PODSUMOWANIE

Opracowana metoda uwzględnia wszystkie główne kierunki oddziaływania autostrady na grunty rolne oraz ujmuje to oddziaływanie wymiennie i w porównywalnych jednostkach. Cechuje ją mała pracochłonność będąca efektem zarówno wprowadzonych uproszczeń w ocenie oddziaływania autostrady ograniczających zakres pozyskiwania danych wyjściowych do analizy przebiegu osi autostrady, jak i automatyzacji prowadzonych obliczeń za pomocą opracowanego programu komputerowego. Metoda ta może znaleźć zastosowanie do wstępnego szacowania wpływu budowy autostrady na grunty rolne dokonywanego w fazie podejmowania decyzji o przebiegu trasy autostradowej jak również być pomocna przy ocenie rozpatrywanych wariantów przebiegu projektowanych odcinków autostrady.

Obniżenie wartości gruntów powodowane budową autostrady w badanych wsiach zmienia się w granicach od 1097 do 1993 jedn. zboż. i obejmuje około 11% wartości wszystkich gruntów położonych w tych wsiach. Obniżenie to odniesione do odcinka autostrady długości jednego kilometra wynosi od 1251 do 2164 jedn. zboż./km. Główny wpływ na rozmiary obniżenia wartości gruntów przypadające na jednostkę długości autostrady wywiera jakość gruntów położonych na trasie jej przebiegu.

Łączny wpływ przejmowania gruntów pod budowę autostrady oraz szkodliwego jej oddziaływania na grunty położone w jej pobliżu wynosi około 77% całkowitego oddziaływania autostrady na grunty rolne i zmienia się w niewielkich granicach w poszczególnych wsiach. Pogorszenie struktury przestrzennej wsi i gospodarstw powodowane budową autostrady obejmujące niekorzystne zmiany rozłogu działek i wzrost ich oddalenia od siedlisk prowadzi do utraty wartości gruntów rolnych obejmującej około 23% całkowitego jej wpływu na te grunty.

PIŚMIENNICTWO

- Bacior S., 2001. Referat na temat „Uproszczony szacunek oddziaływania autostrady na wartość gruntów rolnych” wygłoszony na Wydziale Geodezji i Inżynierii Środowiska AGH Komisja Geodezji i Inżynierii Środowiska Krakowskiego Oddziału Polskiej Akademii Nauk – Sprawozdanie z posiedzeń komisji naukowych Tom XLIV/1, wydawnictwo i drukarnia „SECESJA” Kraków, 183–185.
- Bacior S., 2010. The impact of motorway section under construction between the towns of Borek Mały and Boreczek on arable land. Infrastructure and ecology of rural areas. Polish Academy of Sciences. Kraków, 5–15.
- Bacior S., 2011. Motorway influence on arable lands on the example of Bratkowice Mrowla section of A4 motorway Infrastructure and ecology of rural areas. Polish Academy of Sciences. Kraków, 197–206.
- Bacior S., Harasimowicz S., 2000. Ocena wpływu autostrady na zmniejszenie możliwości produkcyjnych gruntów rolnych. ZN AR w Krakowie, ser. Sesja Naukowa z. 72, 365, 293–297.
- Bacior S., Harasimowicz S., 2002. Metoda oceny wpływu autostrady na wartość gruntów rolnych, dokładność oszacowania powierzchni użytków i klas gruntów. Materiały konferencji organi-

- zowanej przez Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej – Komitet Techniki Rolniczej PAN. Warszawa – Dobczyce, 8 (41), 107–120.
- Bacior S., Harasimowicz S., 2005. Oddziaływanie autostrady na przydatność rolniczą gruntów i ich wartość na przykładzie odcinka autostrady A4 między Brzeskiem a Tarnowem. Międzynarodowa konferencja nt: Geodezja, kartografia i aerofotogrametria. Wydawnictwo Politechniki Lwowskiej. Lwów, zeszyt 66, 9–19.
- Curzydło R., 1994. Drogi i autostrady a skażenia motoryzacyjne. *Aura*, 5.
- Harasimowicz S., 1998. Ocena oddziaływania autostrady na grunty rolne. *Przegląd Geodezyjny* 6, 6–12.
- Harasimowicz S., 1997. Oddziaływanie autostrady na odległości gruntów od siedlisk. *Zeszyty Naukowe AR w Krakowie, Geodezja*, 16.
- Wilkowski W., 1995. Wielokryterialna metoda oceny wpływu autostrady na gospodarstwa rolne. *Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej, Geodezja*, 33.
- Żak M., 2002. Problematyka wyceny nieruchomości położonych w pasie budowy sieci autostrad. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie* Nr 396, 17–22.

IMPACT OF ROAD DEVELOPMENT ON ARABLE LAND USING THE EXAMPLE OF THE ŻYRAKÓW – PASZCZYNA SECTION OF THE A4 MOTORWAY

Abstract. This paper presents a simplified method of assessing the impact of building motorways on arable lands and makes it possible to determine losses connected with motorway construction. The basis for determining losses is an analysis of variations in land use, soil quality classes, and the layout of agricultural roads along the axis of the designed motorway. The assumed measurement of the multilateral impact of motorways on agricultural lands is the reported change in land value, taking into consideration only the differences in the designations of usefulness for agricultural production. Land value is thus a measurement of the availability of land for agricultural production.

The presented method of evaluating the impact of motorways on arable land uses the section of the A4 motorway between Tarnów and Rzeszów, which is 12.088 kilometres long and goes through the villages of Żyraków, Kędzierz, Pusytnia, Brzeźnica, and Paszczyzna. These areas are located in the Podkarpackie Province. One kilometre of the constructed motorway under study resulted in a decrease in arable land of 1926 grain units.

The incorporation of arable land for the construction of motorways and the resulting negative environmental impact accounts for around 76% of the total loss of agricultural land value. The remaining 24% of the loss in land value is associated with the increase in transportation and from a less beneficial consolidation of plots.

Key words: value of farm lands, influence of highways, spatial arrangement of agricultural farm, arable land quality

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 29.03.2013

Do cytowania – For citation: Bacior S., Piech I., 2013. Oddziaływanie inwestycji liniowych na grunty rolne na przykładzie odcinka autostrady A4 Żyraków – Paszczyzna. *Acta Sci. Pol. Geod. Descr. Terr.*, 12 (1), 18–28.

AUTOMATYCZNA DETEKCCJA OBIEKTÓW SONAROWYCH

Mariusz Wąż¹, Artur Grządziel², Dariusz Nowak³

¹Instytut Nawigacji i Hydrografii Morskiej, Akademia Marynarki Wojennej
w Gdyni

²Dywizjon Zabezpieczenia Hydrograficznego Marynarki Wojennej, Gdynia

³North Star Shipping Aberdeen Ltd

Streszczenie. Współczesne systemy sonarowe wykorzystywane są głównie do poszukiwania i wykrywania obiektów podwodnych, które mogą wpłynąć na bezpieczeństwo pływania i postoju jednostek pływających. Zadaniem operatora takich systemów jest optymalne ustawienie zobrazowania oraz odpowiedni dobór parametrów operacyjnych umożliwiających detekcję echa a następnie identyfikację wykrytych celów. Operator dokonuje korekty uzyskanych danych sonarowych, poprawiając tym samym jakość zobrazowania i możliwości interpretacji wyników pomiarów. W artykule rozpatrywanym problemem badawczym jest przekształcanie obrazów, dokonywanie korekcy geometrycznej oraz ekstrakcja obiektów z tła obrazu sonarowego. Zaprezentowana metoda automatycznego wyszukiwania obiektów wykorzystuje cechy morfologiczne sonogramów oraz geometryczne i arytmetyczne metody przetwarzania sygnałów stosowane do obróbki i analizy obrazów cyfrowych. Na etapie wyszukiwania cech obiektów sonarowych wykorzystano metody minimalno-odległościowe stosowane w rozpoznawaniu obrazów. Opracowana aplikacja umożliwiła przeprowadzenie eksperymentu badawczego przedstawiającego kolejne etapy detekcji obiektów sonarowych. Otrzymane wyniki mogą wskazywać na poprawność przyjętych założeń do badań oraz poprawność ich przeprowadzenia.

Słowa kluczowe: pomiary hydrograficzne, sonar boczny, obraz sonarowy, detekcja obiektów

WSTĘP

Współczesne systemy sonarowe są dzisiaj niezastąpione w pracach ukierunkowanych na wykrywanie przeszkód podwodnych. Umożliwiają wstępne przeszukiwanie dużych obszarów dna morskiego w stosunkowo krótkim czasie. Wadą sonarowych obrazów dna jest ich zdeformowanie wynikające z nierównej rozdzielczości skanowania sonarowego w kierunkach poprzecznych do ruchu i wzdłuż ruchu statku. Dane sonarowe uzyskane w trakcie prac pomiarowych w basenie portowym rejestrowane są w pliku i zapisywane na dysku twardym stacji roboczej systemu komputerowego. Dzięki temu możliwe jest wielokrotne odtwarzanie i przeglądanie danych, które przedstawiane są w postaci obrazów w odpowiedniej skali szarości lub wybranej tonacji barwnej [Grządziel i in. 2012].

Po wykonaniu sondażu sonarowego basenu portowego przystępuje się do opracowania wyników pomiarów. Etap ten polega na wstępnym przygotowaniu danych pierwotnych, korekcji danych nawigacyjnych, zastosowaniu poprawki na przesunięcia horyzontalne sonaru względem anteny GPS, korekcji zniekształceń obrazu. Głównymi celami opracowania wyników pomiarów sonarowych są między innymi:

- 1) uzyskanie obrazów sonarowych dna dobrej (wysokiej) jakości;
- 2) wykrycie, zlokalizowanie, zwymiarowanie i wstępne sklasyfikowanie obiektów podwodnych;
- 3) wygenerowanie mapy sonarowej dna badanego akwenu (mozaiki) [Bennel 2001].

Aby uzyskany w pomiarach materiał sonarowy mógł być w pełni wykorzystany, musi przejść pewne procesy korekcyjne. Należy do nich z pewnością korekta wzmocnienia sygnału TVG (ang. Time Varied Gain, Time Varying Gain). Drugą, niezmiernie istotną jest korekta zniekształceń geometrycznych obrazu sonarowego SRC (ang. Slant Range Correction) polegająca na kompensacji czasu przebiegu sygnału względem odległości bocznych od sonaru. Kolejnym źródłem zniekształceń geometrycznych jest zmiana parametru prędkości rozchodzenia dźwięku w wodzie, powodowana zmianami temperatury wody morskiej, ciśnienia i zasolenia [Cobra i in. 1992].

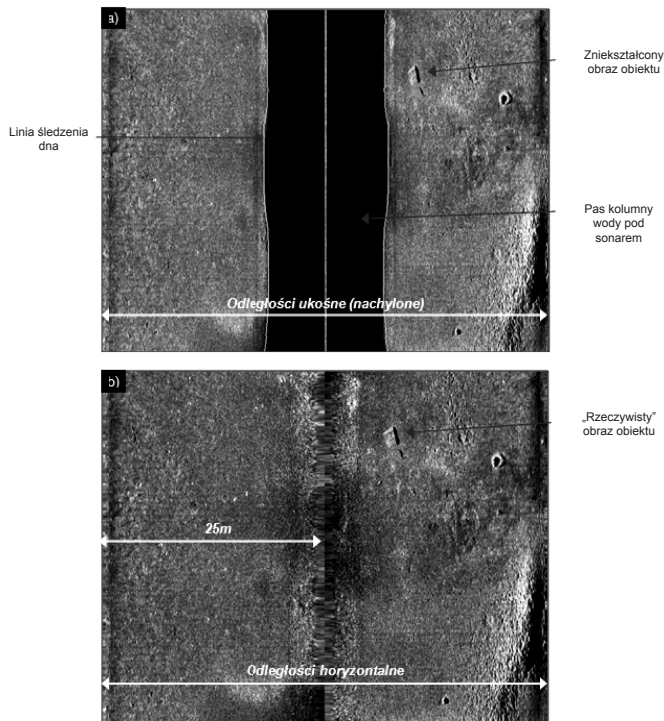
Innym rodzajem zniekształceń obrazów sonarowych jest zniekształcenie jasności zobrazowania. Jest to standardowe odchylenie od idealnej, liniowej zależności pomiędzy stopniem intensywności zobrazowania a amplitudą odbicia rozproszonego (wstecznego) sygnału akustycznego od struktury powierzchni dna i obiektów podwodnych.

KOREKCJA ODLEGŁOŚCI NACHYLONYCH SRC

Pierwotne dane sonarowe (ang. raw sonar data) to sygnały fali dźwiękowej wyemitowanej w postaci wiązki impulsów, które po odbiciu od dna powróciły do przetworników sonaru bocznego i zostały wykorzystane do projekcji dwuwymiarowych obrazów. Obrazy te zbudowane są z pikseli w odpowiedniej skali szarości reprezentującej poziom energii akustycznej zgromadzonej w powracających echach. W większości prostych sonarów odległości mierzone na sonogramie przedstawiają dystans mierzony po najkrótszej linii łączącej przetworniki z echem, czyli po linii ukośnej. Określenie rzeczywistej odległości bocznej wymaga dokonania prostych przeliczeń opartych na zasadach trygonometrii.

Obrazy, które powstały bezpośrednio z pierwotnych pomiarów (dane surowe), posiadają strefę martwą (ang. blind zone) występującą w centralnej części zobrazenia. Jest to strefa reprezentująca kolumnę wody znajdującą się pomiędzy sonarem a dnem akwenu. Dane pierwotne są mało użyteczne i muszą być poddane obróbce, w efekcie której otrzymuje się w przybliżeniu obraz odpowiadający powierzchni dna. Znając parametr wysokości sonaru nad dnem, czas przejścia sygnału do dna i z powrotem, możliwe jest obliczenie pozycji danego punktu na tej powierzchni. Obliczenia takie wykonywane są współcześnie przez specjalistyczne programy sterujące pracą systemów sonarowych. Po zastosowaniu korekty SRC strefa martwa w środku zobrazenia zostaje usunięta, a każdy pojedynczy piksel (pomiar) przemieszczany jest automatycznie w pozycję odpowiadającą pozycji rzutowanej na płaszczyznę dna (rys. 1).

Do obliczenia poprawki SRC niezbędne jest dokładne pozycjonowanie dna, a ściślej pierwszego odbicia od dna (ang. first bottom return). Parametr ten definiuje wysokość prowadzenia sonaru nad dnem. Jakikolwiek błędy w śledzeniu linii dna powinny być usunięte lub poprawione przed przeprowadzeniem korekty odległości nachylonych.



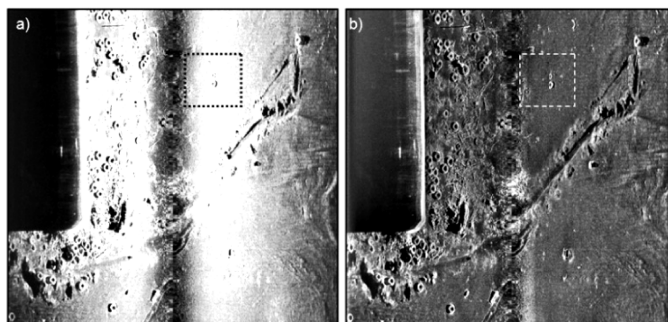
Rys. 1. Przykład danych sonarowych przed korektą (a) i po korekcie odległości nachylonych (b) [Grządziel i in. 2012]

Fig. 1. Example of sonar data before (a) and after (b) slant-range correction [Grządziel et al 2012]

KOREKCJA TVG

Obrazy sonarowe często przedstawiają różnice w stopniu jasności powodowane charakterystyką kierunkową promieniowania przetwornika, a także stale zmieniającą się wysokością sonaru nad dnem (rys. 2). Czynniki te powodują pewne trudności w odczytywaniu i interpretacji obrazu sonarowego dna a użyteczność tak zarejestrowanych danych maleje [Chang i in. 2010].

W całym zakresie pracy sonaru bocznego ilość energii akustycznej powracającej do przetwornika po odbiciu od dna będzie zmieniała się wraz z odległością od sonaru. Największa ilość energii akustycznej zgromadzona jest w obrębie osi listka głównego wiązki promieniowania. W celu skompensowania nierównomiernego oświetlenia dna należy znać funkcję rozkładu energii względem kąta padania wiązki na dno. Niejednorodności rozkładów jasności zobrazowania sonarowego należą do tzw. kategorii zniekształceń radiometrycznych, które częściowo kompensowane są za pomocą opcji TVG. Poprawka TVG wykorzystywana jest w procesie „czyszczenia danych” do wzmocnienia sygnału w całym zakresie pomiarowym, a w szczególności na większych odległościach wybranego zasięgu pracy. Kompensuje ona straty energii akustycznej na różnych odległościach prostopadłych do kierunku ruchu sonaru i normalizuje amplitudę sygnału echa dla całego zakresu pomiarowego.



Rys. 2. Fragmenty sonogramów dna basenu portowego przed (a) i po korekcji TVG (b) [Grządziel i in. 2012]

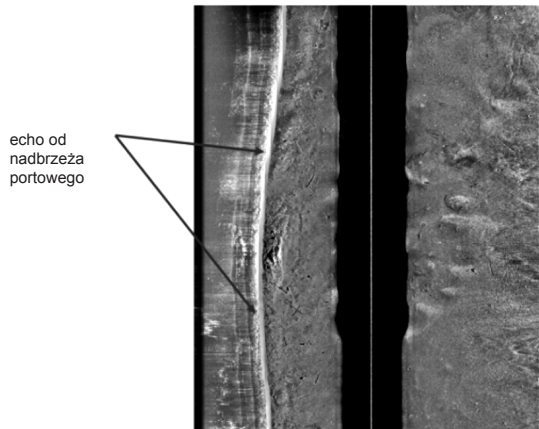
Fig. 2. Side-scan sonar images of the harbour basin sea bottom before (a) and after TVG correction (b) [Grządziel et al. 2012]

GEOMETRYCZNA KOREKCJA OBRAZU SONAROWEGO

Posiadając wiedzę na temat geometrycznych rozmiarów wielkogabarytowych obiektów obserwowanych na obrazach sonarowych, operator-programista może dokonać pewnych geometrycznych modyfikacji obrazu w celu przekształcenia go do postaci zbliżonej do rzeczywistego obrazu dna morskiego.

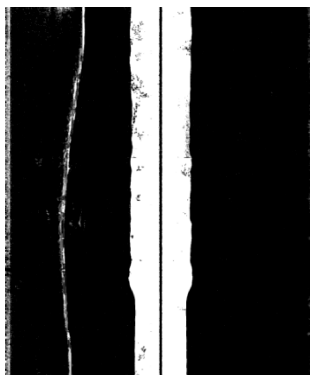
Na obrazach zarejestrowanych w akwenu portowym w łatwy sposób można zidentyfikować takie obiekty jak molo, nabrzeże, podwodną część kadłuba jednostki. Przy założeniu, że przetwornik sonaru zamocowany jest na sztywno na zadanej głębokości obiekty płaskie obserwowane wzdłuż przejścia jednostki powinny charakteryzować się

echem sonarowym „prostym” nie pofalowanym. Przekształcając (prostując) obraz echa takich obiektów, jednocześnie dokonuje się transformacji całego obrazu sonarowego. Na rysunku 3 widać echo pochodzące od podwodnej (płaskiej liniowej) części nabrzeża portowego. Jednostka pływająca wykonująca pomiar manewrowała na profilu równoległym do nabrzeża.



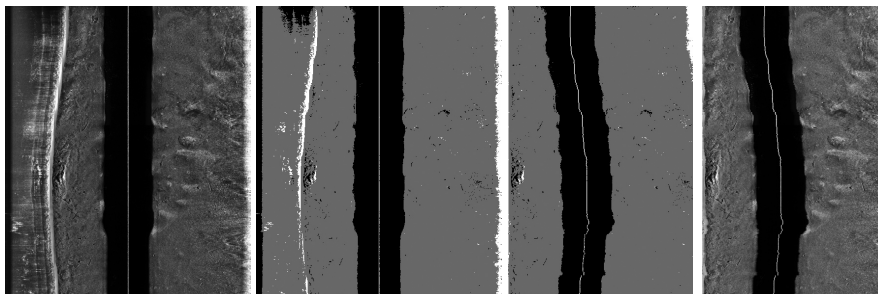
Rys. 3. Pofalowane echo sonarowe od podwodnej części nabrzeża portowego
Fig. 3. Side scan sonar image of the harbour wharf distortion

Obraz sonarowy nabrzeża jest pofalowany, co sugerować może fakt myszkowania jednostki podczas dokonywania pomiarów lub celowego wykonywania zwrotów jednostką pomiarową. Część obrazu sonarowego na lewo od echa nabrzeża jest dla operatora zbędna i z powodzeniem może być usunięta z sonogramu. W celu korekcji geometrycznej obrazu sonarowego należy dokonać automatyczną transformację, prostując jasną linię stanowiącą echo krawędzi podwodnej części nabrzeża. Z tego powodu wygenerowano filtr do wykrywania krawędzi. Wynik stosowania tego filtru przedstawiono na rysunku 4.



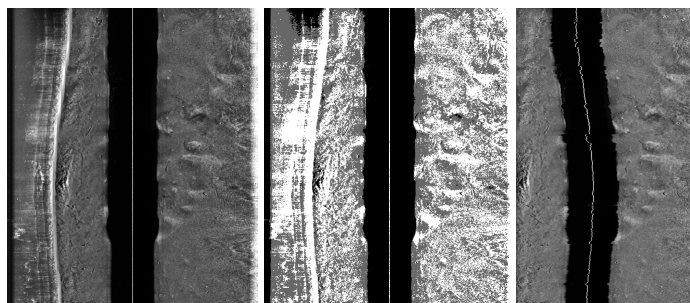
Rys. 4. Wykrywanie krawędzi echa nabrzeża portowego
Fig. 4. Edge detection of the harbour wharf sonar echo

Kolejny etap to prostowanie krawędzi nabrzeża i transformacja obrazu. W tym celu wykorzystano program Mathcad, do którego zaimportowano bitmapę obrazu sonarowego i zapisano go w pliku tekstowym. Każdy piksel obrazu został przedstawiony w postaci wartości liczbowej, odpowiadającej poziomowi wzmocnienia (jasności) piksela. Zastosowano 8-bitową paletę kolorów. Pikselom przyporządkowano wartości od 0 do 255 (256-stopniowa skala szarości; kolor czarny otrzymuje wartość 0; kolor biały 255). Wykryta krawędź nabrzeża zapisana została kolorem białym lub zbliżonym do białego. Przyjęto, że piksele posiadające wartości wzmocnienia (intensywności) na poziomie powyżej 195 mapowane są do poziomu 255 (rys. 5).



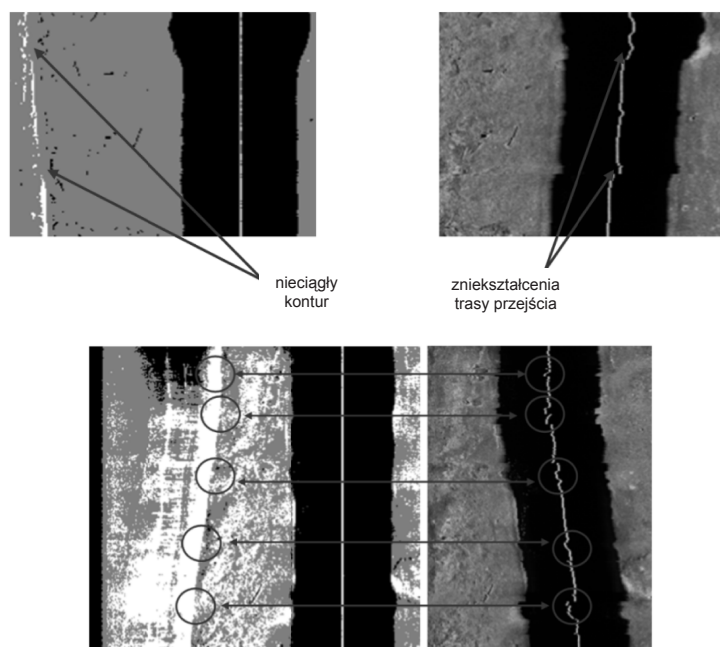
Rys. 5. Etapy przetwarzania obrazu sonarowego (poziom wzmocnienia progowego – 195)
Fig. 5. Phases of the sonar image processing (threshold level – 195)

Arbitralne przyjęcie granicznego wzmocnienia na poziomie 195 niesie pewne ryzyko dotyczące błędnej identyfikacji konturu nabrzeża. W przypadku przyjęcia zbyt niskiej wartości granicznej wyszukana krawędź może być mocniej pofałdowana. Spowoduje to wprowadzenie znacznych zniekształceń obrazu sonarowego. Na rysunku 6 przedstawiono sytuację wykrywania krawędzi i transformacji obrazu sonarowego dla granicznego poziomu wzmocnienia pikseli 130.



Rys. 6. Etapy przetwarzania obrazu sonarowego (poziom wzmocnienia progowego – 130)
Fig. 6. Phases of the sonar image processing (threshold level – 130)

Zarówno w przypadku wzmocnienia 195, jak i 130 otrzymano linię przejścia sonaru bocznego wygiętą i pofałdowaną. Można zauważyć, że dla poziomu 195 linia ta jest korzystniejsza, z niewielkimi pofałdowaniami, które powstają na skutek nieciągłości linii konturu nabrzeża portowego (rys. 7).



Rys. 7. Wpływ nieciągłego i „rozmytego” konturu echa nabrzeża na zniekształcenia obrazu sonarowego

Fig. 7. The impact of the discontinuous and diffuse wharf edge on the distortion of the sonar image

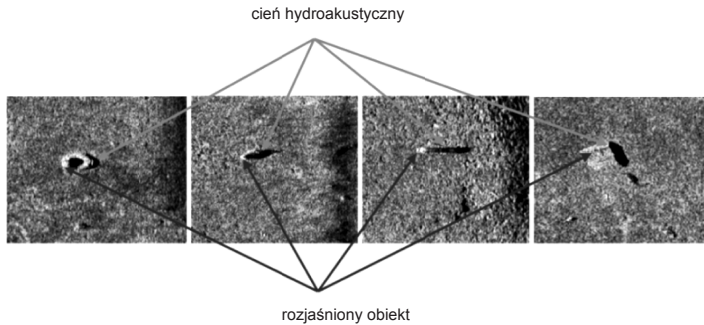
AUTOMATYCZNE WYKRYWANIE OBIEKTÓW PODWODNYCH

Z punktu widzenia prowadzenia poszukiwań sonarowych wyróżniamy tzw. obiekt sonarowy (ang. sonar target). Jest to dowolny obiekt charakteryzujący się zdolnością do odbijania fal akustycznych w stopniu gwarantującym jego detekcję (wykrycie) i zobrazowanie echa na specjalnym papierze lub ekranie systemu sonarowego [IHO 1994]. W czasie badań sonarowych w basenie portowym wykryto kilkadziesiąt obiektów podwodnych, głównie punktowych takich jak opony, pojedyncze kamienie i liniowych np. połamane deski, porozrywane cumy, belki.

Automatyczne wykrywanie obiektów na obrazie sonarowym jest kolejnym etapem wymagającym rozwiązania. Obiekty sonarowe powinny cechować się właściwościami wyróżniającymi je od tła obrazu sonarowego. Opracowanie metody wyszukującej ww. cechy obiektów sonarowych to zasadnicze zagadnienie zapewniające automatyczną ich detekcję. Obiekty odbijają impulsy fali dźwiękowej, które docierają do odbiornika w postaci echa. Im lepsze właściwości odbijające, tym więcej energii akustycznej dociera z powrotem.

Powstające sonogramy zbudowane są z pikseli w odpowiedniej skali szarości reprezentującej poziom energii akustycznej zgromadzonej w powracających echach. Silne echo reprezentowane jest jasną plamką i oznacza wykryty obiekt. Operator sonaru poszukuje obiektów o charakterystycznym rozjaśnieniu sygnału. Często też kieruje się zasadą występowania cienia hydroakustycznego. Większość obiektów wyróżniających się w tle

obrazu dna morskiego przesłania fragment jego cienia, powodując powstanie ciemnej plamki na sonogramie. Zazwyczaj cień towarzyszy rozjaśnionym obiektom (rys. 8).



Rys. 8. Zjawisko cienia hydroakustycznego

Fig. 8. The phenomenon of hydroacoustic shadow

Wykorzystując te informacje, można dokonać cyfrowej transformacji obrazów sonarowych do postaci umożliwiającej ekstrakcję obiektów posiadających cechy cienia i wyróżniającego rozjaśnienia. Wszystkie piksele obrazu sonarowego powinny być reprezentowane przez jeden z trzech progów. Progi intensywności pikseli dobierane są następująco:

- intensywność piksela na poziomie od 255 do 195 przyjmuje wartość 255 (kolor biały – obiekt);
- intensywność piksela na poziomie od 194 do 61 przyjmują wartość 126 (kolor szary – tło);
- intensywność piksela na poziomie od 60 do 0 przyjmują wartość 0 (kolor czarny – cień).

Operację progowania można zapisać następująco:

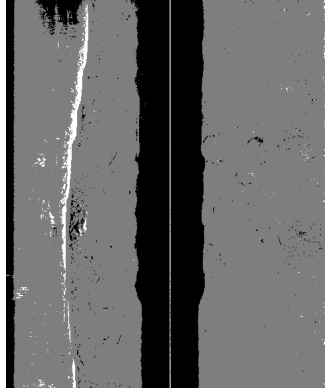
$$g_{n,m} = \begin{cases} 255 & \text{dla } 255 \geq f_{n,m} \geq 195 \\ 126 & \text{dla } 194 \geq f_{n,m} \geq 61 \\ 0 & \text{dla } 60 \geq f_{n,m} \geq 0 \end{cases} \quad (1)$$

gdzie:

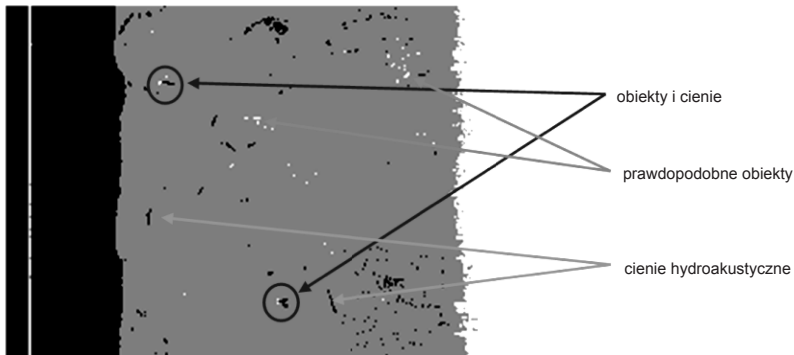
- $g_{n,m}$ – intensywność piksela po progowaniu,
- $f_{n,m}$ – intensywność piksela przed progowaniem,
- n, m – współrzędne piksela.

Wartości progowe zostały przyjęte arbitralnie na podstawie wyników wielokrotnych badań prowadzonych na rzeczywistych obrazach sonarowych. Należy zaznaczyć, że ustawienie progów decyduje o większej lub mniejszej czułości systemu ekstrakcji obiektów na obrazie sonarowym. Tak więc: jeżeli przyjmiemy górny próg poniżej 195, więcej pikseli obrazu będzie identyfikowanych jako obiekt znaczący, jeżeli natomiast dolny próg ustawimy powyżej 61, system wyszuka więcej cieni hydroakustycznych. Optymalne ustawienie progów w filtrze jest zadaniem zasadniczym i decyduje o możliwościach de-

tekcyjnych całego systemu. Na tym etapie badań ustawienia wartości progowych zależą od decyzji operatora. Poniżej zaprezentowano obraz sonarowy przetworzony przez filtr progowy (filtr opracowano w środowisku Mathead). Ekstrakcja obiektów może odbyć się w sposób automatyczny po wyszukaniu rozjaśnionych plamek (grupy pikseli) i towarzyszących im cieni hydroakustycznych (czarnych pikseli) – patrz rysunki 9 i 10.



Rys. 9. Obraz sonarowy przetworzony przez filtr progowy
Fig. 9. Sonar image after threshold filter processing



Rys. 10. Identyfikacja obiektów na obrazie sonarowym przedstawionym w postaci progowej
Fig. 10. Identification of objects in the sonar image presented in threshold form

Zgodnie z powyższymi założeniami opracowano aplikację do ekstrakcji obiektów generujących zarówno echo sonarowe (intensywność piksela 255), jak i cień hydroakustyczny (intensywność piksela 0). Zaimplementowano następującą maskę obiektu sonarowego:

| | |
|-------------|---------------|
| $f_{n-1,m}$ | $f_{n-1,m+1}$ |
| $f_{n,m}$ | $f_{n,m+1}$ |
| $f_{n+1,m}$ | $f_{n+1,m+1}$ |

Należy pamiętać, aby cień był rozłożony zgodnie kierunkiem padania wiązki akustycznej. Dla prawej strony cień hydroakustyczny występuje na prawo od echa, dla lewej strony jest odwrotnie. W związku z powyższym maski wzorcowego obiektu sonarowego przedstawiają się następująco:

| | |
|-----|---|
| 255 | 0 |
| 255 | 0 |
| 255 | 0 |

dla prawej oraz

| | |
|---|-----|
| 0 | 255 |
| 0 | 255 |
| 0 | 255 |

dla lewej strony sonogramu.

Do wyznaczenia współczynnika podobieństwa obrazów wykorzystano funkcję podobieństwa FP opartą na funkcji odległości Euklidesa [Stateczny, Wąż 2004, Wąż i in. 2008]:

$$FP_i = \sqrt{\sum_{k=1}^6 (F_k - I_k^i)^2} \quad (2)$$

gdzie:

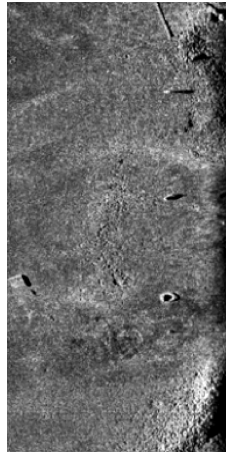
F_k – poszczególne wartości pikseli maski wzorcowej,

I_k^i – poszczególne wartości pikseli i -tego fragmentu obrazu sonarowego.

Współczynniki podobieństwa wp dla każdego i -tego fragmentu obrazu sonarowego przyjmują wartości znormalizowane z przedziału $\langle 0,1 \rangle$ i obliczane są zgodnie z zależnością:

$$wp_i = \frac{FP_{\max} - FP_i}{FP_{\max}} \quad (3)$$

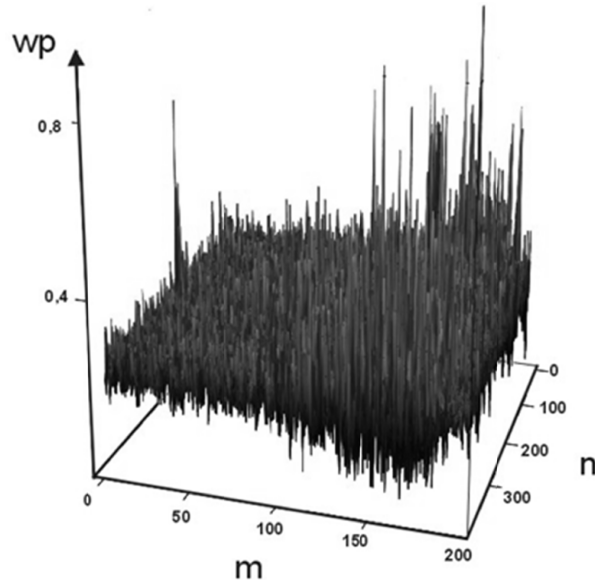
Do badań wykorzystano obraz sonarowy, na którym widoczne były obiekty wcześniej wykryte przez operatora (rys. 11).



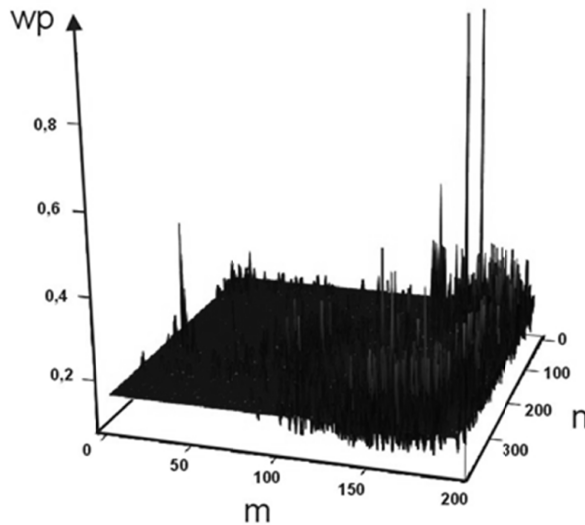
Rys. 11. Obraz przyjęty do badań (prawa strona sonogramu)

Fig. 11. An image used in the experiments (right side of the sonogram)

W wyniku działania algorytmu ekstrakcji obiektów otrzymano macierz współczynników podobieństwa obiektów sonarowych do maski wzorcowej. Macierz przedstawiona jest w postaci wykresu wartości współczynników podobieństwa. W pierwszej kolejności szukano obiektów na obrazie rzeczywistym – nieprzetworzonym (rys. 12). Na kolejnym wykresie (rys. 13) przedstawiono wyniki działania algorytmu dla obrazu przetworzonego w postać wagową.

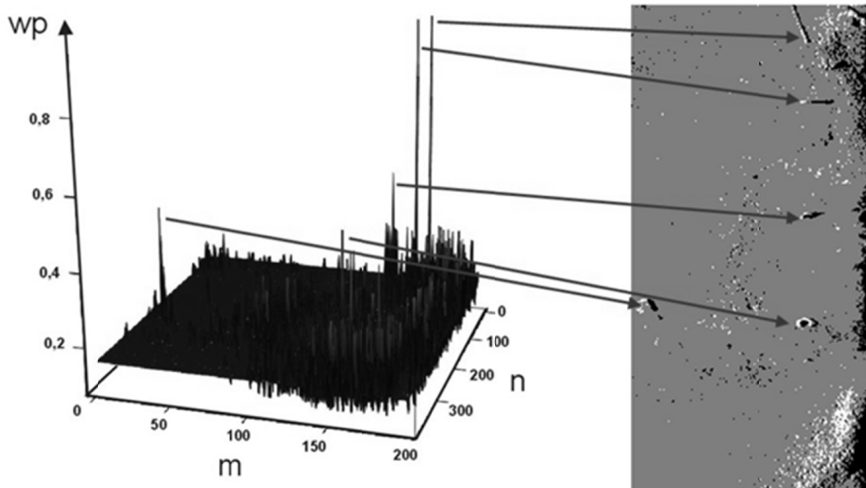


Rys. 12. Macierz współczynników podobieństwa (dla obrazu nieprzetworzonego)
Fig. 12. Similarity coefficient matrix (for unprocessed images)



Rys. 13. Macierz współczynników podobieństwa (dla obrazu w postaci wagowej)
Fig. 13. Similarity coefficients matrix (for a processed images)

W celu dokonania ekstrakcji obiektów z obrazu sonarowego, ze znormalizowanej macierzy współczynników podobieństwa wp , wybieramy te wartości (piksele – obiekty), które przekraczają próg 0,3. Na tym etapie badań próg ten został określony arbitralnie. Rysunek 14 pokazuje, że wyniki automatycznej detekcji obiektów 3D (w postaci macierzy współczynników podobieństwa) odpowiadają wykrytym (manualnie) obiektom na obrazie sonarowym.



Rys. 14. Wyniki automatycznej detekcji obiektów sonarowych
Fig. 14. Results of automatic detection of sonar objects

PODSUMOWANIE

Sonar boczny jest jednym z najbardziej skutecznych, hydroakustycznych środków pomiarowych wykorzystywanych do poszukiwania obiektów podwodnych. Niestety, dane sonarowe rejestrowane przez to urządzenie wymagają szeregu zabiegów korekcyjnych, aby mogły być w pełni wykorzystane do dalszej analizy. Część operacji polegających na poprawie jakości zobrazowania wykonywanych jest obecnie na podstawie o dedykowanych pakietów programowych. Niektóre jednak zniekształcenia i zakłócenia sonogramów narzucają konieczność tworzenia alternatywnych metod zarówno optymalizacji zobrazowania, jak i automatycznej detekcji obiektów podwodnych zalegających na dnie. Przedstawiona w artykule metoda ekstrakcji obiektów sonarowych wymaga dokonania kolejnych cyfrowych przekształceń obrazu sonarowego. Dokonane transformacje obrazów powinny doprowadzić do tego, aby cechy świadczące o istnieniu obiektów sonarowych były zaakcentowane i maksymalnie wzmocnione. Do wyszukania tych cech stosować można szereg metod, które z powodzeniem używane są w rozpoznaniu obrazowym. W większości są to tzw. metody minimalno-odległościowe, które wykorzystują algorytmy użytkujące funkcje podobieństwa. W pracy zaprezentowano prosty algorytm oparty na funkcji odległości Euklidesa, który został szczegółowo opisany w pracach [Stacny, Wąż 2004, Wąż i in. 2008]. Zastosowana metoda wpływa z pewnością na skuteczność pracy operatora sonaru, jakość pozyskanych danych oraz możliwości interpretacji otrzymanych wyników.

PIŚMIENNICTWO

- Bennel J.D., 2001. Procedura Guideline No. 1–5. Mosaicing of Sidescan sonar images to map seabed features “Marine Monitoring Handbook”, University of Wales.
- Chang Yet-Chung, Hsu Shu-Kun, Tai Ching-Hui, 2010. Sidescan sonar image processing: Correcting brightness variations and patching gaps, *Journal of Marine Science and Technology*, Vol.18, No. 6.
- Cobra D.T., Oppenheim A.V., Jaffe J. S., 1992. Geometric distortions in Side-Scan Sonar images: A Procedure for their estimation and correction. *Journal of Oceanic Engineering*, Vol. 17, No. 3.
- Grządziel A., Nowak A., Naus K., Wąż M., 2012. Przetwarzanie i analiza obrazów sonarowych powierzchni dna basenu portowego. *Technika transportu szynowego*, 9, 3637–3642.
- IHO, 1994. Hydrographic Dictionary Part I., Volume I. Special Publication No 32. Monaco.
- Stateczny A., Wąż M., 2004. Pozycjonowanie bazujące na obrazach radarowych. *Metody nawigacji porównawczej*. Gdańskie Towarzystwo Naukowe, Gdynia, 259–300.
- Wąż M., Czaplowski K., 2008. Precise tracking positions of a submarine vehicle. *Annual of Navigation* 13, 35–48.

AUTOMATIC DETECTION OF SONAR OBJECTS

Abstract. Contemporary sonar systems are used mainly to search for and detect underwater objects which might affect the safety of navigation or the safety of moored watercraft. The task of the sonar operator is to display the optimal settings of the sonar image and to select the proper operational parameters that enable detection and identification of hidden targets. The operator performs corrections of the recorded sonar data, thereby improving the image quality and the ability to interpret the survey results. The paper deals with the research problem of changing display images, conducting geometric corrections, and extracting objects from the sonar imagery background. The presented method for the automatic searching of objects utilizes the morphologic features of sonograms and geometric and arithmetic methods of digital signal processing. In searching for the features of a sonar target, the minimal-distance methods used in pattern recognition were applied. The developed application makes it possible to perform research experiments that follow the stages of sonar detection of objects. The obtained results can indicate the validity of the research assumptions and the appropriateness of the methods used.

Key words: hydrographic survey, sidescan sonar, sonar imagery, object detection

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 29.03.2013

Do cytowania – For citation: Wąż, W., Grządziel A., Nowak A., 2013. Automatyczna detekcja obiektów sonarowych. *Acta Sci. Pol. Geod. Descr. Terr.*, 12 (1), 29–42.

SPIS TREŚCI CONTENTS

Dariusz Felcenloben

| | |
|--|---|
| Czasowo-przestrzenne obiekty ewidencyjne w wielowymiarowym katastrze nieruchomości – perspektywa zmian istniejącego modelu | 5 |
| Temporal spatial property registration in a multi-dimensional real estate cadastre – potential changes to the existing model | |

Stanisław Bacior, Izabela Piech

| | |
|---|----|
| Oddziaływanie inwestycji liniowych na grunty rolne na przykładzie odcinka autostrady A4 Żyraków – Paszczyna | 19 |
| Impact of road development on arable land using the example of the Żyraków – Paszczyna section of the A4 motorway | |

Mariusz Wąż, Artur Grządziel, Dariusz Nowak

| | |
|---|----|
| Automatyczna detekcja obiektów sonarowych | 29 |
| Automatic detection of sonar objects | |