

Cezary Stępnia

Politechnika Częstochowska

KARTOGRAFICZNE MODELOWANIE DANYCH GOSPODARCZYCH

Streszczenie: W artykule zaprezentowano propozycję wykorzystania narzędzi kartograficznych w modelowaniu danych dla systemów informatycznych. Szczególną uwagę zwrócono na takie narzędzia, jak: siatka kartograficzna, rodzaje odwzorowań przestrzeni, kartograficzne techniki klasyfikacji zbiorowości, odwzorowanie warstw tematycznych, metodologie stosowania symboliki kartograficznej, wizualizacja danych oraz wykorzystanie hiperłączy. W opracowaniu zaprezentowano dwa rodzaje modelowania: źródłowe (stosowane zazwyczaj w trakcie tworzenia systemów informatycznych) oraz dynamiczne (służące do rejestracji procesów w już funkcjonującym systemie).

Słowa kluczowe: modelowanie danych, modelowanie biznesowe, geograficzne systemy informatyczne, systemy informacji przestrzennej, deskrypcja kartograficzna.

1. Wstęp

Modelowanie danych jest jedną z podstawowych czynności w tworzeniu systemów informatycznych. Na jej podstawie tworzone są struktury baz danych systemów. W jej trakcie definiowane są również podstawowe procedury przetwarzania danych. Ponadto stanowi ona jedną z początkowych faz, a więc błędy i niejasności popełnione podczas modelowania procesów i danych będą wpływać na wszystkie kolejne fazy tworzenia systemu informatycznego.

Współczesne gospodarcze systemy informatyczne są coraz bardziej rozbudowane. Coraz większe są struktury danych (opisujące coraz więcej zbiorowości oraz związków zachodzących między nimi) i bardziej skomplikowane stają się obsługujące je procedury programowe. Tymczasem wraz z potrzebami informacyjnymi użytkowników nasila się tendencja do rozwijania i integrowania systemów informatycznych, co jeszcze bardziej komplikuje istniejące już systemy. Wydaje się więc, że występuje również potrzeba poszukiwania nowych narzędzi, które pomogłyby usprawnić i ułatwić proces modelowania danych.

Jedną z możliwości może być propozycja zastosowania narzędzi kartograficznych w omawianych procesach. Wspomniane narzędzia można by zastosować zarówno na etapie tworzenia systemów informatycznych, jak i do ich rozwoju już w

trakcie eksploatacji bądź integracji z innymi systemami. Należy wszak pamiętać, że narzędzia kartograficzne również służą do modelowania rzeczywistości, a ich kształtowanie trwa już tysiące lat.

W niniejszym opracowaniu zaprezentowano podstawowe założenia i kierunki zastosowania narzędzi kartograficznych w modelowaniu systemów informatycznych. W rozważaniach nastawiono się głównie na rozszerzenie modelowania przy zastosowaniu podejścia obiektowego. Wskazano, jaki wpływ może mieć zastosowanie narzędzi kartograficznych na opis klas i obiektów, jak również zaproponowano możliwość dynamicznego modelowania danych w już istniejących systemach. W ten sposób można pośrednio prezentować modele biznesowe, które obecnie traktuje się jako warstwę pośrednią między istniejącymi modułami konkretnych narzędzi programowych a potrzebami informacyjnymi poszczególnych użytkowników.

2. Modelowanie danych w cyklu życia systemu informatycznego

Modelowanie danych związane jest z analizą i projektowaniem systemów informatycznych. Polega ono na definiowaniu struktury zasobów informacyjnych, jakie mają znaleźć się w tworzonym systemie informatycznym. Powyższe działania wykonuje się na podstawie badania i zdefiniowania potrzeb informacyjnych przyszłych użytkowników systemu. Jednakże współcześnie modelowanie danych trudno jest traktować wyłącznie jako jedną z faz tworzenia systemów informatycznych. Wpłynęło na to kilka czynników. Po pierwsze, stosunkowo mało przedsięwzięć informatycznych jest nastawionych na realizację zupełnie nowego systemu informatycznego. Większość wspomnianych działań polega na badaniu potrzeb informacyjnych, a następnie dobraniu odpowiedniego, ale już istniejącego rozwiązania aplikacyjnego. Natomiast na etapie analizy dąży się do biznesowej parametryzacji oferowanej aplikacji (zob. m.in. [Bartoszewicz 2007]). Po drugie, wdrażane systemy nie będą działać w próżni informatycznej i należy przy analizie potrzeb brać również pod uwagę konieczność ich przyszłej integracji z systemami stycznymi (z którymi następować będzie wymiana danych). Po trzecie, coraz częściej modelowanie danych musi uwzględniać ich późniejsze wykorzystanie przy realizacji wyższych potrzeb informacyjnych, takich jak automatyczna kontrola, planowanie czy wspieranie procesów decyzyjnych.

W klasycznych cyklach życia systemu faza modelowania danych (do podstawowych typów życia systemu można zaliczyć m.in. kaskadowy, ewolucyjny, przyrostowy, spiralny czy „V” – ich opis znajduje się m.in. w pracy pod red. Nowickiego [Komputerowe wspomaganie... 2006]) stanowi jeden z pierwszych etapów realizacji przedsięwzięć informatycznych. Jednakże większość z opisanych cykli zakłada swego rodzaju okresowość realizacji przedsięwzięć informatycznych. Oznacza to konieczność okresowego odwoływania się do etapów analizy i modelowania danych już po wdrożeniu systemów. Wspomniane zjawisko wiąże się z koniecznością ciągłego usprawniania, doskonalenia i rozwoju wdrażanych aplikacji. Większość użyt-

kowników po zapoznaniu się z pracą danego systemu i jego możliwościami po pewnym czasie zgłasza zapotrzebowanie na różnego typu poprawki. Wynikać one mogą ze znalezienia błędów w funkcjonującym systemie, ale często jest to efekt pojawienia się nowych potrzeb informacyjnych.

W efekcie można wyróżnić dwa typy modelowania danych w ramach cykli życia systemu. Pierwszy z nich jest związany z powstawaniem aplikacji lub tworzeniem jej modelu biznesowego. W niniejszym opracowaniu ten typ modelowania został nazwany źródłowym. Źródłowe modelowanie danych jest realizowane zazwyczaj przez przedstawicieli firm informatycznych tworzących daną aplikację. Jej opis może być dokonany w dowolnym zestandaryzowanym narzędziu, np. w postaci diagramów zapisanych za pomocą diagramów języka UML (Unified Modeling Language)¹ lub za pomocą narzędzi typu CASE (Computer Aided Software Engineering). Sposób opisu modelu danych zależy od metodologii stosowanych w danej firmie informatycznej tworzącej aplikację.

Wykorzystując narzędzia służące do standaryzacji opisu danych, można tworzyć kody źródłowe aplikacji. Można również dzięki nim tworzyć struktury baz danych i dokumentów lub budować inne narzędzia, takie jak m.in.: hurtownie danych, narzędzia typu OLAP czy służące do *data mining* ².

W miarę upowszechniania się dużych systemów informatycznych (zgodnych ze standardami ERP i GRP) coraz większy problem zaczęła stanowić ich parametryzacja i konieczność dopasowywania się do specyfiki biznesowej organizacji, w której wdrażano dany system. Zaproponowanym antidotum stała się koncepcja opisu wymaganych modeli biznesowych zapisywanych w narzędziach zestandaryzowanych, takich jak m.in. wspomniany wcześniej język UML czy oprogramowanie typu CASE. W takich sytuacjach zestandaryzowane narzędzia służące do opisu wycinków rzeczywistości stały się platformą konwersji opisu procesów biznesowych na procedury konkretnych aplikacji wraz z doбором odpowiednich parametrów.

Jak już wspomniano, eksploatacja systemów informatycznych powoduje zazwyczaj konieczność ich modyfikacji i rozwoju. W tym wypadku zachodzi konieczność dynamicznego modelowania danych i wówczas niezbędne staje się odwołanie do jednego ze środków modelowania danych: kodu programu, narzędzia standaryzacyjnego (np. UML czy CASE) lub do zmodyfikowanego opisu wycinka rzeczywistości. Sytuacja może się skomplikować, gdy sformalizowany opis rzeczywistości stracił kompatybilność z wersją oprogramowania (np. poprzez wdrożenia kolejnych wersji oprogramowania bez odpowiednich adnotacji w zestandaryzowanych opisach danych) lub poprzez specyficzne dla danego użytkownika modyfikacje. Stąd im więcej modyfikacji zostało dokonanych, tym bardziej skomplikowany będzie proces modyfikacji i rozwoju systemu. Dlatego też ważne mogą być inne narzędzia, które umożli-

¹ Zob. m.in. [Booch, Rumbaugh, Jacobson 2001; Wrycza, Marcinkowski, Wyrzykowski 2005; Dąbrowski, Stasiak, Wolski 2007].

² Opis wspomnianych narzędzi m.in. w [Olszak 2007].

liwią nieskomplikowane modyfikacje, a następnie ich odwzorowanie w narzędziach standaryzujących opis modelu systemu.

W niniejszym opracowaniu proponuje się zastosowanie metodologii kartograficznej do usprawnienia modelowania danych. Ich zastosowanie może nastąpić w modelowaniu zarówno źródłowym, jak i dynamicznym.

3. Specyfika modelowania kartograficznego

Historia kartografii jest o tysiące lat dłuższa od nauki o systemach informatycznych, dlatego jej metodologia jest znacznie rozbudowana. Mimo to współczesny postęp naukowo-techniczny również wpłynął na rozwój narzędzi kartograficznych. Mowa tu przede wszystkim o upowszechnieniu się narzędzi informatycznych stosowanych w kartografii, co w efekcie doprowadziło do powstania i rozwoju geograficznych systemów informatycznych (GIS – Geographical Information Systems) – zob. m.in. [*Geographical Information...* 2005; Kraak, Ormeling 1998]. Biorąc pod uwagę, że zarówno systemy klasy ERP, jak i GIS odwzorowują wybrane wycinki rzeczywistości, pojawia się pytanie, czy nie można stosować wybranych narzędzi naprzemiennie przy realizacji przedsięwzięć informatycznych dotyczących obu dziedzin.

Na potrzeby niniejszego opracowania wybrano grupę zagadnień dotyczących narzędzi kartograficznych i poddano je analizie pod kątem możliwości ich zastosowania przy realizacji gospodarczych systemów informatycznych. Do wyróżnionych narzędzi zaliczono:

- siatkę kartograficzną,
- rodzaje odwzorowań przestrzeni,
- kartograficzne techniki klasyfikacji zbiorowości,
- problematykę warstw tematycznych,
- symbolikę kartograficzną,
- wizualizację danych,
- hiperłącza.

Siatka kartograficzna jako narzędzie kartograficzne spełnia kilka funkcji. Jednakże za jedną z najważniejszych należy uznać, iż dzięki niej istnieje możliwość jednoznacznej alokacji obiektów na mapie. Współrzędne, według siatki kartograficznej, są tworzone w mierze łukowej, która odzwierciedla krzywiznę kuli ziemskiej. Istnieją jednakże algorytmy, które pozwalają na przekształcenia przestrzeni opisywanej przez siatkę na przestrzenie liniowe – XY. Nadanie poszczególnym obiektom odpowiednich cech, stanowiących tzw. atrybuty przestrzenne, spowoduje jednoznaczność ich alokacji na mapach. Wspomniana alokacja nastąpi według wartości przyjętych przez atrybuty przestrzenne dla poszczególnych obiektów.

Kłopoty z odwzorowaniem kuli ziemskiej na płaszczyźnie map spowodowały, że zostały opracowane różne typy odwzorowań tej samej przestrzeni. Wśród zaproponowanych odwzorowań występują m.in. walcowe, stożkowe i inne (zob. [*Erdas Filed...* 1998]). Bez względu jednak na rodzaj zastosowanego odwzorowania istnieje

ją algorytmy, które pozwalają na jednoznaczne przekształcenie jednego odwzorowania na inne. Natomiast obiekty z jednej mapy zostaną w sposób jednoznaczny odwzorowane na drugiej, dzięki swoim wartościom atrybutów przestrzennych.

Kolejny element, który był opracowywany przez kartografów, to kwestia klasyfikacji obiektów nanoszonych na mapę. Polega ona na wskazaniu atrybutów opisujących poszczególne obiekty w ramach warstw tematycznych. Natomiast wartości danego atrybutu służą do klasyfikacji obiektów w danej warstwie tematycznej. Układ klasyfikacyjny może bazować na narzędziach statystycznych lub może stanowić z góry założone przedziały. Należy wszakże pamiętać, że rozkłady wartości danego atrybutu mogą mieć bardzo zróżnicowany kształt.

W związku z zastosowaniem siatki kartograficznej, jak wspomniano, poszczególne obiekty mogą być jednoznacznie ulokowane na mapie. Wspomniana jednoznaczność niesie ze sobą z kolei nowe korzyści. Mianowicie można nakładać na siebie warstwy tematyczne. W ten sposób można tworzyć mapy wielotematyczne, co jest szczególnie stosowane w technologii GIS, gdzie można dowolnie włączać i wyłączać wybrane warstwy.

Wykorzystując klasyfikację kartograficzną można odpowiednio zastosować reguły symbolizacji. Kartografowie wypracowali przez lata standardowe reguły deskrypcji obiektów prezentowanych na mapie (zob. m.in. [Stępiak 2008]). Zazwyczaj dla określonej warstwy tematycznej opracowywane są serie symboli, które odzwierciedlają wagę poszczególnych obiektów. Każdy obiekt w ramach danej warstwy ma nadawany symbol – zgodnie z wartością odpowiedniego atrybutu.

Celem każdej mapy jest wizualizacja jakiegoś wycinka rzeczywistości, prezentowana ze względu na wybrany kontekst. Wycinek rzeczywistości w kartografii jest wyznaczony przez zakres mapy, natomiast kontekst odpowiada warstwie tematycznej na niej zaprezentowanej. Bardzo istotne jest, aby mapa była czytelna i opisywała prezentowane zjawiska na odpowiednim szczeblu szczegółowości. W mapach kartograficznych poziom szczegółowości zazwyczaj wyznacza skala mapy. Natomiast użytkownicy map są w zasadzie przyzwyczajeni do określonych standardów prezentacyjnych (np. północ u góry mapy, czy im wyżej położony teren, tym mocniejszy brąz, niebieski kolor wody itp.).

Zaletą technologii GIS, oprócz m.in. nakładania warstw tematycznych, jest również możliwość stosowania hiperłączy. Dzięki temu obiekty ujęte na mapach mogą stanowić elementy aktywne. Najechanie kursorem na dany obiekt umożliwi prezentację większej ilości danych.

Wybrane i przedstawione powyżej elementy podejścia kartograficznego można wykorzystać przy modelowaniu danych. Można je zastosować zarówno przy opisie zbiorowości w trakcie tworzenia modelu danych, zwłaszcza w podejściu obiektowym (modelowanie źródłowe), jak i przy rozszerzeniu zakresu funkcjonalnego gospodarczych systemów informatycznych (np. w narzędziach klasy *business intelligence*). Sformalizowany opis zastosowania przedstawionych narzędzi – a w nim możliwość kartograficznej prezentacji zasobów gospodarczych opisywanych w danym systemie

informatycznym (modelowanie źródłowe) lub wspieranie wyższych funkcji informacyjnych systemu, takich jak: automatyczna kontrola, planowanie i wspieranie procesów decyzyjnych (modelowanie dynamiczne) – znajduje się poniżej.

4. Modelowanie danych źródłowych

Modelowanie danych źródłowych za pomocą narzędzi kartograficznych ma na celu głównie ułatwienie prezentacji danych wprowadzanych do systemu oraz ułatwienie dostępu do nich, a także stworzenie możliwości wstępnej ich analizy. Prezentacja danych wprowadzonych do systemu może odbywać się za pomocą map heurystycznych, prezentujących wybrane obiekty według wymaganych kontekstów (czyli atrybutów tworzących warstwy tematyczne). Dostęp do danych, w myśl prezentowanej idei, polegać będzie na lokalizacji poszczególnych obiektów w zdefiniowanej przestrzeni heurystycznej. W efekcie, za każdym razem gdy otwarta zostanie określona mapa, dany obiekt znajdować się będzie w tym samym miejscu (w przypadku obiektów statycznych) lub wskazywać będzie aktualne położenie (w przypadku obiektów dynamicznych). Obiektami statycznymi mogą być wystąpienia takich zbiorowości, jak m.in. pracownicy, jednostki organizacyjne, środki trwałe. Natomiast do obiektów dynamicznych należy zaliczyć m.in. dokumenty, zlecenia (przykładowo system może graficznie wskazywać trasę realizacji zlecenia i miejsce, w którym się ono obecnie znajduje, czyli wskazać stan zaawansowania jego realizacji). Niektóre zbiorowości mogą być samodzielnie lokalizowane w przestrzeni lub mogą stanowić atrybuty bądź funkcje innych zbiorowości (dotyczy to m.in. zasobów wiedzy, ponoszonych kosztów czy uzyskanych przychodów w rozbiciu na każdego pracownika lub jednostkę organizacyjną). W niektórych wypadkach do prezentacji danych mogą służyć mapy kartograficzne (np. mapy udziału w rynku według poszczególnych jednostek administracyjnych, sprzedaż na mieszkańca gminy czy powiatu).

Rozwiązania kartograficzne mogą być zastosowane w modelach zarówno strukturalnych, jak i obiektowych. W niniejszych rozważaniach jako przykład wybrano podejście obiektowe (zob. m.in. [Coad, Argila 2000]). W podejściu obiektowym podstawowymi składnikami modelowanych danych w systemie są klasy (K) i obiekty. Są one opisywane przez trzy podstawowe elementy: nazwę (N), atrybuty (A) i funkcje (inaczej metody lub usługi – F). Można więc przyjąć sformalizowany opis klasy za pomocą następującego wzoru (1):

$$K = \{N, A, F\}. \quad (1)$$

Zastosowanie siatki kartograficznej jest istotne dla lokalizacji poszczególnych obiektów na mapie. Z kolei mapy organizacji pozwalają na zestandaryzowaną, graficzną prezentację dowolnych zasobów gospodarczych danej organizacji.

Punktem wyjścia jest konieczność zdefiniowania przestrzeni – osnowy prezentacyjnej. W kartografii jest to system południków i równoleżników opisujących kulę ziemską i jest on uznany za międzynarodowy standard. W mapach organizacji nale-

ży zdefiniować przestrzeń oraz reguły nanoszenia obiektów. Przestrzeń może być opisana zarówno w mierze liniowej – XY, jak i łukowej. Istotne jest jednak, aby znaleźć dwie lub trzy (w przypadku prezentacji trójwymiarowych) cechy, które stanowią będą osie wymiarów.

Z punktu widzenia obiektów opisywanych w systemie informatycznym, każdy z nich musi posiadać tzw. atrybuty przestrzenne, dzięki którym można je będzie lokalizować na mapach. Wspomniane atrybuty muszą być zgodne z osiami siatki kartograficznej mapy – wzór (2).

$$a_x \in A_{Kn} \wedge a_y \in A_{Kn} \wedge a_z \in A_{Kn}, \quad (2)$$

gdzie: a_x, a_y, a_z – są to atrybuty przestrzenne klasy oznaczonej Kn ,

A_{Kn} – to z kolei zbiór wszystkich atrybutów klasy Kn .

Wyróżnione we wzorze (2) atrybuty przestrzenne a_x, a_y, a_z są niezbędne, jeśli system ma umożliwić ich jednoznaczną alokację na mapie. W zależności od tego, jak zdefiniowane zostały osie układu przestrzennego, powyższe atrybuty mogą stanowić cechy rzeczywiste lub zrandomizowane (tzn. dane dotyczące rzeczywistej wartości danej cechy są przekształcane przez określony algorytm randomizacyjny). Należy pamiętać, aby na atrybuty przestrzenne wyznaczyć atrybuty stanowiące klucz danej klasy. Rzecz w tym, aby dwa różne obiekty danej klasy nie posiadały identycznych atrybutów przestrzennych. Oznaczałoby to, że ich lokalizacja wypadła w tym samym miejscu na mapie. Opisuje wspomnianą zależność wzór (3).

$$\forall i, j \in K, \text{ zachodzi zależność } a_{x_i \neq x_j} \vee a_{y_i \neq y_j} \vee a_{z_i \neq z_j}. \quad (3)$$

Dlatego wartość przynajmniej jednego z atrybutów przestrzennych musi się różnić od danych opisujących każdy inny obiekt w tej samej klasie.

Przy tworzeniu modelu danych może się pojawić pytanie, w jakiej przestrzeni lokalizować obiekty. Może to być zarówno przestrzeń liniowa (bazująca na osiach XY, ewentualnie Z) lub bazująca na mierze łukowej, podobnie jak przestrzenie kartograficzne. Przestrzeń liniowa generuje w zasadzie jeden rodzaj odwzorowania, stąd lokalizacja obiektów w przestrzeni jest prezentowana w ten sam sposób. Może się wyłącznie różnić kierunkiem wglądu w prezentacjach przestrzennych. Natomiast prezentacja w miarach łukowych wymaga wprawdzie przekształcenia wartości atrybutów przestrzennych na łukowe, jednakże dzięki temu obiekty mogą być prezentowane w różnych odwzorowaniach (np. stożkowym czy walcowym).

Prezentacja danych za pomocą map tradycyjnych miała charakter statyczny. Jednakże w miarę upowszechniania się systemów klasy GIS można również prezentować dynamikę zjawisk. Istotne jest, aby określić, jakie zbiorowości będą prezentowane na mapach i jaki będzie ich charakter. Zastosowanie technik kartograficznych może ułatwić klasyfikacje obiektów i połączyć je w odpowiednie klasy. Następnie wspomniane klasy będzie można podzielić na klasy statyczne i dynamiczne. W klasach dynamicznych również występować będą atrybuty przestrzenne, ale nie będą

one musiały spełniać warunku zapisanego we wzorze (3). Ponadto ich atrybuty przestrzenne nie muszą bazować na kluczach obiektu.

Możliwość wielokontekstowej prezentacji zbiorowości wynika z faktu, że poszczególne obiekty można przedstawiać według różnych atrybutów. W zasadzie każdy atrybut może tworzyć odrębną warstwę tematyczną. Prezentacja może odnosić się do pojedynczej warstwy tematycznej (jednego atrybutu) lub umożliwiać nakładanie się wielu warstw tematycznych (wykorzystująca wiele atrybutów). Podobnie jak to jest stosowane w systemach klasy GIS, przy definiowaniu mechanizmów prezentacji danych należy określić, które atrybuty odnoszą się do jakiej warstwy tematycznej. Prezentację kartograficzną danych systemu można opisać następującym wzorem (4).

$$P_n = K \{Ap, a_i\}, \quad (4)$$

gdzie: P_n – to prezentacja n -wymiarowa,

K – to klasa prezentowana na mapie,

$Ap = \{a_{xi} \times a_{yi} \times a_{zi}\}$, czyli jest to układ wartości atrybutów przestrzennych dla i -tego obiektu,

a_i – jest to atrybut tematyczny dla danej warstwy tematycznej.

Na mapach poszczególne obiekty są reprezentowane przez odpowiednie symbole. Faktura danego symbolu zależy od rodzaju cechy, warstwy tematycznej, w jakiej będzie reprezentowany obiekt oraz jego wagi według odpowiedniego atrybutu. Prezentowane na mapie obiekty mogą, z kartograficznego punktu widzenia, być punktami, liniami, poligonami dwu- lub trzywymiarowymi oraz płaszczyznami i obiektami przestrzennymi trójwymiarowymi. Specyfika warstwy tematycznej polega na dobieraniu takich symboli, które możliwie najlepiej kojarzą się z daną tematyką (np. kształt zwierząt związany z daną hodowlą, niebieski kolor z wodą, a w danych gospodarczych np. symbol dolara „\$” z przychodami). Współczesne mapy nie tylko wskazują lokalizację danego obiektu, ale ukazują również jego rangę w danej warstwie tematycznej. W tym wypadku istotne jest określenie zasad prezentacji oraz klasyfikacji obiektów w ramach danej warstwy tematycznej. Aby poprawnie dokonać symbolizacji, należy zdefiniować dziedzinę wartości, jakie może przyjmować dany atrybut. Z punktu widzenia symbolizacji należy również określić, czy dla przyjmowanych wartości można ustalić skalę porządkową. W sytuacji gdy dane przyjmują wartości dowolne (brak ograniczeń) i dodatkowo nie da się ustalić skali porządkowej, np. zdjęcia pracowników, wówczas pozostaje jedynie prezentacja wartości danego atrybutu w odpowiednim miejscu na mapie. Gdy nie ma możliwości stworzenia skali porządkowej przyjmowanych wartości, ale ich liczba jest skończona, można wówczas poklasyfikować obiekty w ramach danej warstwy tematycznej i wszystkim wystąpieniom włączonym do tej samej klasy nadać identyczny symbol. W przypadku gdy dany atrybut przyjmuje wartości licz-

bowe, można przyjąć dwa kierunki postępowania. Pierwszy to zastosować symbol adekwatny do wartości. Inny sposób to stworzenie odpowiednich przedziałów wartości. Wspomniane przedziały mogą zostać narzucone arbitralnie (przez analityka lub użytkownika) bądź zostać obliczone z wykorzystaniem mechanizmów np. statystycznych. Ostateczny kształt symbolu, zwanego deskryptorem (D), zależy będzie od tego, do którego przedziału został zakwalifikowany dany obiekt w ramach danej warstwy tematycznej (należy pamiętać, że poszczególne obiekty mogą mieć różne rangi w innych warstwach). Można wskazać następującą zależność opisującą prezentację obiektu (5).

$$D = P(T, A), \quad (5)$$

gdzie: D – deskryptor jest funkcją odwzorowującą prezentację obiektu (P), natomiast

T – treść (wartość atrybutu),

A – koder (algorytm klasyfikujący dany obiekt), są zmiennymi, które wpływają na ostateczny symbol danego obiektu na mapie.

Wizualizacja danych jest jednym z podstawowych celów stosowania kartograficznego modelowania danych. Dlatego też tworzone mapy muszą spełniać określone kryteria jakościowe: np. dostarczać odpowiedniej jakości informacje, być czytelne i jednoznacznie zrozumiałe, a często zwraca się uwagę również na kwestie estetyki. Jakość danych powinna zostać zagwarantowana na etapie ewidencji w trakcie eksploatacji systemu. Graficzna prezentacja danych na mapie jest tylko pochodną procesów rejestracji. Inna kwestia to czytelność i możliwości interpretacyjne danych prezentowanych na mapie. Podstawowa kwestia to deskrypcja kartograficzna. Może się na nią składać symbol, podpis oraz hiperłącze. Nazwa powinna umożliwić jednoznaczną identyfikację obiektu, symbol – przedstawić jego rangę w ramach danej warstwy tematycznej, natomiast hiperłącze – dostarczyć dodatkowych danych użytkownikowi lub przynajmniej sprecyzować konkretną wartość atrybutu, na podstawie którego został dobrany symbol. Warstwa estetyczna stanowi swego rodzaju element marketingowy systemu.

Hiperłącze może stanowić element zastępczy – zamiast wielotematycznej (wielowarstwowej) prezentacji dokonywanej za pomocą mapy.

Zastosowanie narzędzi kartograficznych w modelowaniu danych ma przede wszystkim ułatwić ich przyszłą prezentację i wizualizację. Jednakże, aby możliwe było stworzenie map, należy na etapie analizy systemu dokonać określenia atrybutów przestrzennych i wyznaczyć rodzaje przestrzeni, na których osnowie będą tworzone mapy. Ponadto należy wskazać, które atrybuty będą wykorzystywane do definiowania warstw tematycznych. Na koniec pozostaje zabieg klasyfikacji obiektów i algorytmów, jakie w tym celu zostaną zastosowane.

5. Dynamiczne modelowanie danych

Dynamiczne modelowanie danych stosowane jest głównie do systemów, które już funkcjonują. Jego zadaniem jest ułatwianie realizacji zadań z zakresu wyższych funkcji informacyjnych, takich jak: automatyczna kontrola, planowanie i wspieranie procesów decyzyjnych. Do jego zastosowania są jednak potrzebne mechanizmy używane przy modelowaniu danych źródłowych. Jest to związane z faktem, że na etapie modelowania źródłowego powinny być zdefiniowane: siatka kartograficzna, rodzaje odwzorowań przestrzeni, klasyfikacje zbiorowości, warstwy tematyczne i reguły symbolizacji. Na tej podstawie można tworzyć dowolne mapy.

Modelowanie dynamiczne, z technicznego punktu widzenia, jest zadaniem odwrotnym w stosunku do modelowania źródłowego. Polega ono na nanoszeniu bezpośrednio na mapę nowych warstw tematycznych z przynależnymi im obiektami. Ponadto w zależności od typów stosowanych modeli danych można kreować również rangi poszczególnych obiektów. Zachowanie naniesionych na mapy danych skutkowało by koniecznością tworzenia odpowiednich struktur baz danych, w których naniesione symbole mogłyby być zapisane. Naniesienie nowego obiektu na mapę oznaczałoby konieczność utworzenia atrybutów przestrzennych (Ap), których wartości byłyby wyliczone przez algorytmy działające odwrotnie w stosunku do randomizatorów stosowanych w modelowaniu źródłowym. Zastosowane symbole określałyby z kolei wartości atrybutów definiujących daną warstwę tematyczną. Ręczne nanoszenie obiektów na mapę może odbywać się w dwóch przypadkach.

W pierwszym przypadku mapy stanowiłyby interfejs do wprowadzania danych. Jest to możliwe, aczkolwiek od użytkownika wymagałoby to odpowiedniego poziomu znajomości działania interfejsu kartograficznego. Dane wpisywane bezpośrednio na mapie uruchamiałyby procedury obsługujące odpowiednie struktury baz danych. Stąd użytkownik byłby związany przez wykorzystanie hiperłączy z bazami danych systemów informatycznych, poprzez które wypełniałby wszystkie dane dotyczące danego obiektu według reguł zdefiniowanych podczas stworzenia danej warstwy tematycznej. W efekcie realizację zapisu danych można opisać następującym wzorem 6.

$$P_n = K' \{Ap, D', a_1, \dots, a_m\}, \quad (6)$$

gdzie: P_m – to prezentacja m -wymiarowa, która bazować może na przestrzeniach zdefiniowanych w modelowaniu źródłowym,

$Ap = \{a_x \times a_y \times a_z\}$ czyli jest to układ wartości atrybutów przestrzennych dla i -tego obiektu należącego do klasy stworzonej w trakcie modelowania dynamicznego,

K' – to klasa obiektów tworzona w trakcie modelowania dynamicznego,

D' – deskryptory wykorzystywane w modelowaniu dynamicznym,

$\{a_1, \dots, a_m\}$ – pozostałe atrybuty opisujące daną klasę obiektów.

Drugi przypadek stosowania ręcznego nanoszenia obiektów na mapę byłby używany do realizacji wyższych funkcji informacyjnych. Na mapy można nanosić obiekty zawierające dane normatywne lub planistyczne. W ten sposób można nanosić opcje planistyczne w celu ich wizualizacji. Wspomniane opcje powinny być następnie zweryfikowane przez narzędzia statystyczno-ekonometryczne w celu optymalizacji przyjętych założeń i do wspierania procesów decyzyjnych. Na podstawie podjętych decyzji można stworzyć mapy normatywne określające przyjęte założenia planistyczne, a następnie weryfikować stan ich realizacji. Dzięki zastosowaniu technologii GIS-owskiej można tworzyć mapy dynamiczne. Zastosowanie dynamiki map może być wykorzystywane do prezentacji harmonogramów realizacji przyjętych planów działalności. Nałożenie dwóch warstw tematycznych: rzeczywistej i normatywnej, pozwoli na określenie występujących odchyłeń. Realizację powyższych funkcji można opisać następującym wzorem (7).

$$\forall i = 1 \text{ do } n \in K \wedge i' = 1 \text{ do } n \in K' \text{ gdzie } Ap_i = Ap_{i'} \quad W = \{w_1, \dots, w_m\}, \quad (7)$$

gdzie: K i K' tworzą parę odpowiadających sobie obiektów rzeczywistego i normatywnego, co jest wyrażone równaniem $Ap_i = Ap_{i'}$, co oznacza, że oba obiekty mają te same współrzędne w danej przestrzeni,

W – jest to zbiór deskryptorów opisujących różnice między obiektami rzeczywistymi i odpowiadającymi im normatywnymi,

$$w = d_{i'} - d_i.$$

Kartograficzne modelowanie danych nie odnosi się wyłącznie do atrybutów. Jego wadą jest konieczność opracowania dodatkowych funkcji (F – wzór 1). Oprócz podstawowych funkcji przetwarzania niezbędne jest również opracowanie dodatkowych funkcji związanych z przekształceniami przestrzennymi, charakterystycznymi dla narzędzi kartograficznych. Jednakże ich rola ma być alternatywna względem procedur stosowanych we współczesnych systemach klasy BI (*business intelligence*).

Zastosowanie narzędzi kartograficznych, a zwłaszcza systemów klasy GIS, staje się coraz powszechniejsze. Są one wykorzystywane m.in. w logistyce, planowaniu inwestycji (zarówno przestrzennym – konkretna lokalizacja danej jednostki, jak i biznesowym – analiza dostępności dla potencjalnych klientów czy kontrahentów, popularność regionalna produktów i usług, wpływ zjawisk geograficznych – ukształtowanie terenu, demografia i inne). Współcześnie wspomniane systemy mogą być traktowane jako elektroniczne atlasy lub części składowe innych narzędzi lub programów (np. mogą być stosowane w urządzeniach typu GPS). We współczesnych systemach informatycznych można również wykorzystywać narzędzia kartograficzne prowadzące do zastosowań systemów informacji przestrzennej (zob. [Litwin, Myrda 2005]). Ich zastosowanie może wpłynąć na poprawę wizualizacji procesów zachodzących w organizacji.

6. Zakończenie

Przedstawiona w niniejszych rozważaniach tematyka odnosi się do istotnego dzisiaj problemu modelowania danych dla systemów wspierających wyższe funkcje informacyjne. Wprawdzie współczesne narzędzia analityczne i systemy wspomaganie decyzji są coraz bardziej udoskonalane, ale wciąż poszukiwane są nowe możliwości ich rozwoju. Propozycja zastosowania narzędzi kartograficznych w procesie modelowania danych jest jedną z możliwych nowych ścieżek badawczych.

Za zastosowaniem narzędzi kartograficznych zdaje się przemawiać rozwinięta metodyka kartograficzna oraz szybko rozwijające się współcześnie systemy klasy GIS. Rozwiązania stosowane w GIS-ach, zwłaszcza mechanizmy służące do wektorowego odwzorowywania rzeczywistości, mają swoje analogie we współczesnych gospodarczych systemach informatycznych. Zresztą już dziś coraz częściej podmioty gospodarcze zgłaszają chęć wykorzystywania systemów klasy GIS we własnej działalności gospodarczej, co sprzyjać będzie w przyszłości integracji systemów GIS z ERP, a w konsekwencji z systemami typu BI.

Dwoistość zastosowania metodologii kartograficznej modelowania danych (modelowanie źródłowe i dynamiczne) wynika ze swego rodzaju dwoistości każdej aplikacji wspierającej procesy gospodarcze. Z jednej strony niezbędne jest opracowanie odpowiednich struktur danych, z drugiej – procedur ich przetwarzania. Podobnie wygląda sytuacja z zastosowaniem narzędzi kartograficznych w gospodarczych systemach informatycznych. Dlatego przy modelowaniu źródłowym tworzona jest infrastruktura proceduralna związana z zastosowaniem narzędzi kartograficznych. Natomiast na poziomie modelowania dynamicznego możliwe jest budowanie nowych struktur danych.

Niniejsze rozważania mają charakter teoretyczny, ale wydaje się, że po odpowiednim opracowaniu teoretycznym można będzie przystąpić do prób empirycznych z systemami klasy ERP. Po tych doświadczeniach można będzie bardziej precyzyjnie ustalić przydatność prezentowanej koncepcji.

Literatura

- Bartoszewicz G., *Projektowanie wdrożenia modułów logistycznych zintegrowanych systemów klasy ERP. Podejście procesowe*, AE, Poznań 2007.
- Booch G., Rumbaugh J., Jacobson I., *UML – Przewodnik użytkownika*, WNT, Warszawa 2001.
- Coad P., Argila C., *Analiza obiektowa i projektowanie. Przykłady zastosowań*, WNT Warszawa 2000.
- Coad P., Yourdon E., *Analiza obiektowa. Oficyna Wydawnicza READ ME*, Warszawa 1994.
- Dąbrowski W., Stasiak A., Wolski M., *Modelowanie systemów informatycznych w języku UML 2.1*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2007.
- Erda's Filed Guide. Przewodnik geoinformatyczny*, Geosystems, Warszawa 1998.
- Geographical Information Systems. Abridged. Principles, Techniques, Management, and Applications*, eds. P. Longley, M. Goodchild, D. Maguire, D. Rhind, John Wiley and Sons, Hoboken, New Jersey 2005.

- Komputerowe wspomaganie biznesu*, red. A. Nowicki, Placet, Warszawa 2006.
- Kraak M.-J., Ormeling F., *Kartografia wizualizacja danych przestrzennych*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1998.
- Litwin L., Myrda G., *Systemy Informacji Geograficznej. Zarządzanie danymi przestrzennymi w GIS, SIP, SIT, LIS*, Helion, Gliwice 2005.
- Olszak C.M., *Tworzenie i wykorzystywanie systemów Business Intelligence na potrzeby współczesnej organizacji*, AE, Katowice 2007.
- Stępniaak C., *Idea elektronicznych atlasów organizacji*, Informatyka Ekonomiczna nr 10, AE, Wrocław 2007.
- Stępniaak C., *Kartograficzna deskrypcja zasobów organizacji w systemach informatycznych*, [w:] *Wiedza i technologie informacyjne w biznesie*, red. A. Nowicki, D. Jelonek, Politechnika Częstochowska, Częstochowa 2008.
- Wrycza S., Marcinkowski B., Wyrzykowski K., *Język UML 2.0 w modelowaniu systemów informatycznych*, Helion, Gliwice 2005.

CARTOGRAPHIC MODELLING OF ECONOMIC DATA

Summary: The paper concerns the Business Information Systems development. It especially shows a theoretical proposal to use cartographic methodology for data modelling in information systems. An application of the methodology can help in data visualization and the realization of high information functions. The author proposes two kinds of cartographic data modelling: source and dynamic. The source modelling is necessary for the preparation of the space of presentation, the object's space attributes and the rules of descriptions. The dynamic modelling can be used for high information functions realization. It can be used for automatic evaluation, planning and decision support. Cartographic tools can be used for enlarging the scope of functionality in Business Intelligence Systems.