

Waldemar WALERJAŃCZYK<sup>1</sup>

### **ZAGADNIENIE LOKALIZACJI CENTRUM DYSTRYBUCJI A WSPÓŁCZESNE SYSTEMY INFORMACJI GEOGRAFICZNEJ**

*W artykule przedstawiono problematykę lokalizacji centrum dystrybucji w ujęciu praktycznym z wykorzystaniem systemów informacji geograficznej. Przedstawiono modele teoretyczne i na ich tle zaprezentowano problemy rzeczywistych sytuacji decyzyjnych, z jakimi borykają się firmy branży logistycznej. Zaproponowano podejście heurystyczne do rozwiązania problemu lokalizacji centrum dystrybucji z wykorzystaniem systemu informacji geograficznej TranCAD i mechanizmów przetwarzania danych operacyjnych, jakimi zazwyczaj dysponują decydenci firm logistycznych. Efekt takiego podejścia zilustrowano na przykładowym problemie jednej z firm.*

### **LOCALIZATION PROBLEM OF DISTRIBUTION CENTER WITH USE OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS**

*The paper presents the practical aspects of localization problem of distribution center with use of geographic information system. It shows discrepancies between theoretical models and real live decision-makers needs and data available to make necessary calculations. Heuristic approach to solve such a problem is then presented which incorporates TransCAD GIS system and on-line transaction system data processing. The results of computational experiments were introduced to illustrate effects of this approach.*

#### **1. WSTĘP**

Problemy lokalizacyjne obecne są w literaturze od bez mała 3 stuleci (model stref rolniczych J. H. von Thüнена). W toku rozwoju gospodarki, jej globalizacji i intensyfikacji procesów transportowych pojawiają się coraz to nowe potrzeby i problemy organizacyjne, które od momentu rozwoju technologii informatycznych są coraz sprawniej zaspokajane i rozwiązywane. Problematyka lokalizacji centrów dystrybucji doczekała się wielu opracowań teoretycznych wraz z towarzyszącymi im rozwiązaniami informatycznymi [1,2]. Niemniej pomimo znacznych postępów zarówno w zakresie naukowo-badawczym

---

<sup>1</sup> Politechnika Poznańska, Instytut Maszyn Roboczych i Pojazdów Samochodowych  
ul. Piotrowo 3, 60-965 Poznań, tel: (048) 061 665 2775,  
e-mail: Waldemar.Walerjanczyk@put.poznan.pl

jak i implementacyjnym [4] zagadnienie to wymaga dalszej pracy, w szczególności pracy związanej z aplikacją tworzonych rozwiązań w rzeczywistych warunkach, w jakich w Polsce funkcjonują firmy logistyczne. Dokonując analizy rynkowej i potrzeb sygnalizowanych przez przedsiębiorców autor skoncentrował się na zagadnieniach dotyczących małych i średnich firm z branży logistycznej. Od wielu lat prowadzone są prace nad poszukiwaniem metod optymalizacyjnych, które w akceptowalnym dla decydenta czasie są w stanie znaleźć akceptowalne jakościowo rozwiązania [3]. Dostrzec można, iż przy okazji tych prac bardzo często pomija się kwestie istotne z aplikacyjnego punktu widzenia – koszty wdrożenia i możliwość pozyskania odpowiednich danych wejściowych.

Praktyka pokazuje, iż nie można określonych metod i rozwiązań rozpatrywać i oceniać w oderwaniu od rzeczywistości aplikacyjnej. W szczególności dla małych, ale często nawet i dla średnich firm, kwestie finansowe i organizacyjne są często decydujące przy podejmowaniu decyzji związanych z rozbudową własnego potencjału. Najbardziej wyrafinowane metody obliczeniowe na nic się zdadzą, gdy nie będą dostępne odpowiednie dane wejściowe. Pozyskanie tych danych z systemów transakcyjnych małych firm może być bardzo kosztowne i czasochłonne ze względu na stosunkowo skromne możliwości stosowanych powszechnie rozwiązań (poziom komputerowego wspomagania procesów logistycznych pozostawia wiele do życzenia).

W celu stworzenia rozwiązań odpowiednich dla mniejszych firm konieczne jest przeprowadzenie identyfikacji ich możliwości i określenie niezbędnych operacji przetwarzania danych, które muszą poprzedzić właściwy proces decyzyjny. Rozwijana od wielu lat współpraca z firmami tego sektora jest źródłem szczególnie cennej wiedzy i wielu praktycznych modyfikacji tworzonych rozwiązań. Problemy zgłaszane przy okazji rozmów z partnerami z tego sektora skłoniły autora do głębszej analizy sygnalizowanej problematyki.

## **2. CHARAKTERYSTYKA PROBLEMU**

Problem lokalizacji nowego centrum dystrybucji to problem, przed którym prędzej czy później stanie każdy rozwijający się operator logistyczny. Jest jednym z pierwszych i ważniejszych elementów udanej inwestycji i powodzenia całego przedsięwzięcia gospodarczego. Dalsze prace wymagają znalezienia niezbędnych środków finansowych, uregulowania kwestii terenowo-prawnych, wykupienia gruntów najbardziej przydatnych dla inwestorów i szeregu innych działań administracyjno-prawnych. Jak pokazują liczne rozmowy z zainteresowanymi firmami w bardzo wielu przypadkach sam problem lokalizacji rozwiązywany jest z wykorzystaniem minimalnych zasobów i równie niewielkiej wiedzy ze strony osób odpowiedzialnych za jego rozwiązanie.

Najważniejszym etapem podejmowania decyzji jest odpowiedni dobór metody do możliwości pozyskania informacji niezbędnych do jej zastosowania. W pierwszej kolejności potrzebna jest analiza istniejących w firmie narzędzi programistycznych związanych z działalnością operacyjną. To właśnie systemy transakcyjne są najwłaściwszym miejscem gdzie można zdobyć niezbędne dane potrzebne zarówno do metod statycznych jak i tych najbardziej złożonych - symulacyjnych. Praktyka małych firm pokazuje jednak, iż najważniejsze dla nich jest funkcjonowanie w standardzie „tu i teraz” – powoduje to znaczne problemy przy docieraniu do danych istotnych dla procesu poszukiwania optymalnej lokalizacji nowego centrum dystrybucji.

Modele lokalizacji bazują na znalezieniu miejsca równowagi, dla których określona lokalizacja osiąga minimum kosztów lub maksimum profitów. Większość tych modeli jest statyczna i przybiera statyczną równowagę.

Największą grupę metod lokalizacji stanowią metody oparte na szukaniu minimum średniego czasu przejazdu, odległości lub na szukaniu maksimum zysku. Poniżej zostaną scharakteryzowane najbardziej typowe podejścia.

Najpopularniejszą metodą obliczeń lokalizacji centrum logistycznego jest zastosowanie metody bazującej na środku ciężkości. Najprostszym modelem jest obliczenie średniej wagowej od lokalizacji klientów. Otrzymany punkt reprezentuje tutaj najlepszą lokalizację centrum. Model obliczeniowy jest następujący:

$$X_o = \frac{\sum X_j D_j}{\sum D_j}, \quad (1)$$

$$Y_o = \frac{\sum Y_j D_j}{\sum D_j}, \quad (2)$$

gdzie:

- $D_j$  – zapotrzebowanie j-tego klienta,
- $X_j, Y_j$  – współrzędne lokalizacji j-tego klienta,
- $X_o, Y_o$  – współrzędne środka ciężkości.

W powyższym wzorze uwzględnione zostało tylko położenie klientów, jeżeli istnieje możliwość uwzględnienia również np. czasu przejazdu lub kosztu przejazdu, wówczas wzory (1) i (2) przyjmą postać:

$$X_o = \frac{\sum T_j X_j D_j}{\sum D_j}, \quad (3)$$

$$Y_o = \frac{\sum T_j Y_j D_j}{\sum D_j}, \quad (4)$$

gdzie:

- $D_j$  – zapotrzebowanie j-tego klienta,
- $T_j$  – koszty transportu do j-tego klienta,
- $X_j, Y_j$  – współrzędne lokalizacji j-tego klienta,
- $X_o, Y_o$  – współrzędne środka ciężkości.

Znacznie lepszym sposobem znalezienia optymalnej lokalizacji centrum logistycznego jest zastosowanie metody iteracyjnej. Taka metoda jest z natury metodą heurystyczną. Startujemy z pojedynczą lokalizacją i stosując metody iteracyjne dochodzimy do momentu

gdy  $|X_0(t+1) - X_0(t)|$  i  $|Y_0(t+1) - Y_0(t)|$  są satysfakcjonującymi decydena (małymi) wartościami. Model obliczeniowy przyjmuje w takim przypadku postać:

$$X_o(t+1) = \frac{\sum \frac{m_j(t)}{d_j(t)} X_j}{\sum \frac{m_j(t)}{d_j(t)}}, \quad (5)$$

$$Y_o(t+1) = \frac{\sum \frac{m_j(t)}{d_j(t)} Y_j}{\sum \frac{m_j(t)}{d_j(t)}}, \quad (6)$$

gdzie:

$m_j(t)$  – waga dla połączenia centrum zlokalizowanego w punkcie  $(X_0(t), Y_0(t))$  z j-tym klientem,

$d_j(t)$  – odległość centrum zlokalizowanego w punkcie  $(X_0(t), Y_0(t))$  od j-tego klienta,

$X_j, Y_j$  – współrzędne lokalizacji j-tego klienta.

Przedstawione powyżej metody dotyczą pojedynczej lokalizacji i są stosunkowo prostymi procedurami. Gdy istnieje konieczność ustalenia większej liczby lokalizacji lub gdy poszukiwana jest nowa lokalizacja z uwzględnieniem już istniejących model znacznie się komplikuje. Przy takich przypadkach (które są bliższe rzeczywistym sytuacjom decyzyjnym) standardowe metody liniowe zazwyczaj są niewystarczające. Często wykorzystywany jest wówczas następujący model obliczeniowy:

$$\sum_{ij} C_{ij} X_{ij} + \sum_i F_i Y_i \rightarrow \min, \quad (7)$$

$$Y_i \in \{0,1\}, \sum X_{ij} = D_j, 1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq m$$

gdzie:

$n$  – ilość rozpatrywanych centrów,

$m$  – ilość uwzględnianych klientów,

$F_i$  – koszt związany z i-tym centrum dystrybucyjnym,

$X_{ij}$  – zapotrzebowanie j-tego klienta w stosunku do i-tego centrum,

$C_{ij}$  – koszt transportu do j-tego klienta z i-tego centrum,

$D_j$  – całkowite zapotrzebowanie j-tego klienta,

$Y_i$  – wartość binarna – centrum uwzględnione/wyłączone.

Wybór wariantu modelu, który zostanie wykorzystany przy rozwiązywaniu problemu lokalizacji centrum dystrybucji, zależy przede wszystkim od możliwości pozyskania odpowiednich danych wejściowych oraz od posiadanego oprogramowania i umiejętności jego wykorzystania. Ze względu na wieloletnie doświadczenie autor zaproponował jako podstawowe narzędzie optymalizacyjne system TranCAD, który wielokrotnie z powodzeniem aplikowany był w różnego rodzaju systemach optymalizacji procesów transportowych [3,4]. Jako narzędzie uzupełniające konieczne było wykorzystanie arkusza kalkulacyjnego. Podyktowane było to koniecznością dostosowania możliwości informatycznych firm partnerskich do wymogów systemu optymalizacyjnego.

Ponieważ w każdym z rozpatrywanych przypadków konieczne było zrewidowanie wcześniej przygotowanej koncepcji przetwarzania danych, w dalszej części opracowania przedstawiona zostanie metoda realizacji obliczeń lokalizacji centrum dystrybucji dla jednego z partnerów zainteresowanych realizowanym projektem. Jest to średniej wielkości operator logistyczny z Wielkopolski, który stanął przed koniecznością wyboru właściwej lokalizacji do budowy kolejnego centrum dystrybucyjnego, którego zadaniem byłoby przejęcie „ruchu” obsługującego jednego ze strategicznych klientów.

Ograniczeniem dla modelu optymalizacyjnego było zastrzeżenie odnośnie możliwych lokalizacji centrum dystrybucji – jest to element wspólny dla prawie wszystkich analizowanych przypadków. Firmy posiadają pewne zasoby i są zainteresowane wykorzystaniem tylko wybranych lokalizacji, ponieważ w znacznym stopniu może się to przyczynić do ograniczenia kosztów inwestycyjnych czy eksploatacyjnych. Automatycznie wyklucza to bardzo wiele spośród analizowanych procedur optymalizacyjnych dla tego problemu. Kolejnym elementem, który znacznie ogranicza swobodę wykorzystania istniejących rozwiązań jest dostępność danych wejściowych – we wszystkich analizowanych przypadkach dane te były bardzo skromne i wymagały wstępnego przetworzenia przed wykorzystaniem do właściwych obliczeń. Wymusiło to zaprojektowanie i zaimplementowanie uniwersalnego pakietu do importowania i wstępnego przetwarzania danych pochodzących z systemów zewnętrznych. Zrealizowano ten cel wykorzystując standardowy arkusz kalkulacyjny MS Excel z procedurami napisanymi w Visual Basic'u – takie podejście daje dużą elastyczność i ułatwia współpracę z nierzadko bardzo egzotycznymi systemami wykorzystywanymi w firmach.

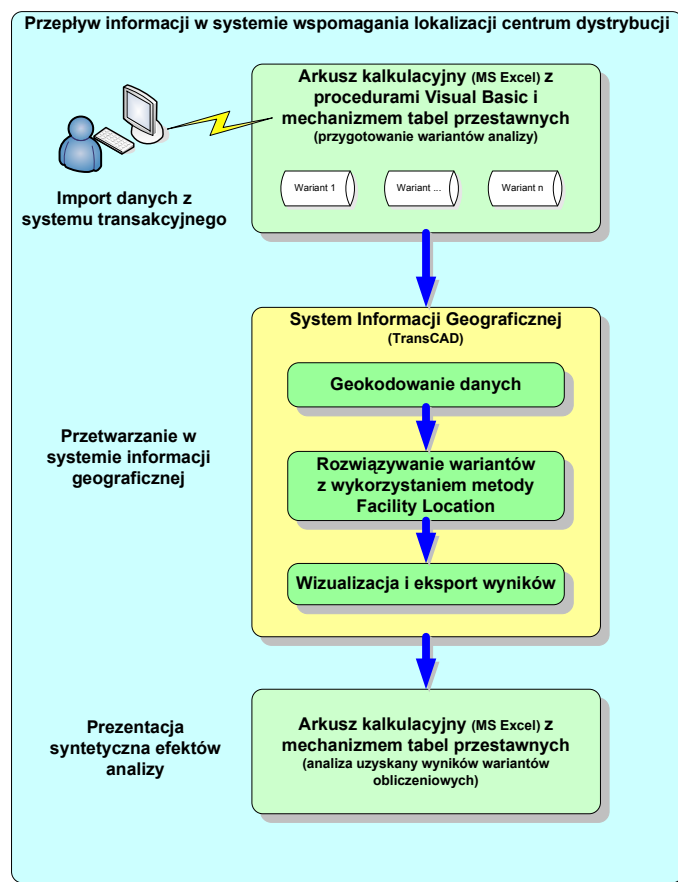
Kolejnym istotnym problemem okazała się kwestia geokodowania danych – w niektórych przypadkach nie było możliwości eksportu danych zawierających informacje teadresowe (małe systemy komputerowe często są rozwiązaniami hermetycznymi – jeśli autor nie przewidział eksportu pewnych danych, to nie ma możliwości „pobrania” ich do systemów zewnętrznych). W przypadku omawianego przykładowego operatora logistycznego system transakcyjny nie pozwalał na eksport danych teadresowych dokładniejszych niż kod pocztowy. Nieoceniony okazał się tu system TransCAD, który potrafi zrealizować operację geokodowania nawet w oparciu o szczątkowe dane.

Ostatecznie przy realizacji zakładanej funkcjonalności systemu wspomagającego lokalizację centrum dystrybucji zostały wykorzystane dwa systemy (Rys.1):

- Arkusz kalkulacyjny MS Excel wraz z zestawem autorskich narzędzi do automatyzacji przetwarzania danych transakcyjnych pochodzących z narzędzi zewnętrznych (zestaw procedur napisany w Visual Basic'u wraz z mechanizmem tabel przestawnych realizującym funkcje statystyczne)

- System TransCAD (system informacji geograficznej GIS, ang. Geographic Information System) – pojawił się w dwojakiej funkcji: podstawową była kwestia pobierania informacji z map drogowych w celu estymacji macierzy kosztów i wizualizacji na mapach wyników optymalizacji generowanych przez funkcję Facility Location modułu Routing/Logistics, drugą funkcją była automatyzacja procesu geokodowania danych pochodzących z systemów zewnętrznych.

Ogólną strukturę systemu i proces przetwarzania informacji przedstawiono na rysunku (Rys.1):



Rys.1. Struktura i przepływ informacji w systemie wspomaganie lokalizacji centrum dystrybucji

Podstawowe zadania realizowane przez zbudowany system wspomaganie lokalizacji centrum dystrybucji to:

- Import, edycja i agregacja danych wejściowych dla realizowanych w dalszej części eksperymentów obliczeniowych z wykorzystaniem systemu TransCAD. Elastyczność

zastosowanego arkusza kalkulacyjnego daje możliwość wczytania danych z dowolnego źródła pod warunkiem, iż występują w nim wymagane realizowaną procedurą optymalizacyjną dane (m.in. informacje niezbędne od określenia lokalizacji klientów i centrów logistycznych, wielkości realizowanych przewozów itp.)

- Realizacja operacji geokodowania danych wejściowych z wykorzystaniem systemu TransCAD i dostępnych map elektronicznych – operacja geokodowania jest jednym z istotniejszych elementów warunkujących właściwą estymację macierzy kosztów wykorzystywanych przy obliczeniach realizowanych za pomocą funkcji Facility Location.
- Realizacja procedur optymalizacyjnych na wszystkich wariantach danych przygotowanych w arkuszu kalkulacyjnym wraz z obsługą uzyskanych wyników
- Zebranie i prezentacja danych w arkuszu kalkulacyjnym (postać tabelaryczna) oraz w postaci graficznej (z wykorzystaniem systemu TransCAD i map elektronicznych). Użytkownik systemu TransCAD standardowo ma możliwość dokładnej analizy zebranych wyników z wykorzystaniem wbudowanych mechanizmów prezentacji danych (tabele, wykresy, wizualizacja geograficzna) oraz ewentualnego ich eksportu do pliku arkusza kalkulacyjnego.

Dane dostępne przy realizacji procedury optymalizacyjnej w wielu przypadkach były bardzo ubogie i jednocześnie niezwykle liczne (pochodziły z systemów transakcyjnych – nawet w przypadku małych firm są to dziesiątki tysięcy rekordów rocznie). Rysunek (Rys.2) prezentuje dane dostępne przy optymalizacji dla omawianego przykładowego operatora logistycznego z wielkopolski.

Data roz.	Kod pocztowy	Miejscowość	Ilość Palet	Miesiąc	Dzień tyg	Miejscowość GUS
2009-01-01	64500	SZAMOTUŁY	1	1	4	Szamotuły
2009-01-01	64500	SZAMOTUŁY	1	1	4	Szamotuły
2009-01-01	24100	PULAWY	2	1	4	Puławy
2009-01-02	96300	ZYRARDÓW	3	1	5	Zyrardów
2009-01-02	05120	LEGIONOWO	3	1	5	Legionowo
2009-01-02	32500	CHRZANÓW	3	1	5	Chrzanów
2009-01-02	38200	JASŁO	2	1	5	Jasło
2009-01-02	11400	KĘTRZYN	2	1	5	Kętrzyn
2009-01-02	27200	STARACHOWICE	2	1	5	Starachowice

Rys.2. Przykładowe dane pozyskane z systemu transakcyjnego

W wyniku realizacji fazy importu danych i wstępnego ich przetwarzania z wykorzystaniem funkcji statystycznych i mechanizmu tabel przestawnych możliwe było przygotowanie danych do dalszych obliczeń wariantowych.

Ze względu na dużą łatwość przygotowywania różnych scenariuszy analizy celowe było zrealizowanie obliczeń zasadniczych i weryfikacyjnych, których zadaniem było sprawdzenie czy w wyniku selekcji tylko części danych system nie będzie preferował innych rozwiązań niż zaproponowane przy wykorzystaniu całego spektrum informacji wejściowych. Pozwoliło to na zbadanie czy dodanie bądź usunięcie klientów ze zbioru obsługiwanych przez rozpatrywaną nową lokalizację nie wpłynie na ostateczny wynik.

W wyniku realizacji tej fazy obliczeń powstały zestawienia zawierające szereg informacji syntetycznych o realizowanych kursach jak pokazano na rysunkach (Rys.3, Rys.4)

Suma z Ilość Palet	Miesiąc									
Miejscowość GUS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aleksandrów Łódzki	29	26	33	29	21	24	18	21	27	29
Andrychów	24	24	38	26	19	28	23	18	30	25
Augustów								51	29	26
Bartoszyce		90	60	41	27	27	27	31	36	34
Bełchatów							56	30	36	27
Biała Podlaska	28	29	41	28	25	38	22	30	31	30
Białogard	28	32	37	32	25	31	24	25	33	35
Białystok	22	26	35	30	25	26	22	25	33	31

Rys.3. Informacja syntetyczna o wielkości przewozów w określonych miesiącach roku.

Suma z Ilość Palet	Dzień tyg							Suma końcowa
Miejscowość GUS	1	2	3	4	5	6	7	
Aleksandrów Łódzki	112	35	76	27	7			257
Andrychów	3	142	3	98	9			255
Augustów	3	34	1	64	4			106
Bartoszyce	52	175	30	106	10			373
Bełchatów	101	9	38		1			149
Biała Podlaska	169	4	110	3	16			302
Białogard	2	173	2	121	4			302
Białystok	120	26	94	15	10			275

Rys.4. Informacja syntetyczna o wielkości przewozów w określonych dniach tygodnia.

Informacje te w kolejnych eksperymentach obliczeniowych stanowiły współczynniki wagowe zgodnie z zależnościami (5) i (6).

W wyniku przeprowadzonych analiz ujawniono i wyeliminowano szereg błędów wynikających ze słabej jakości zabezpieczeń systemów transakcyjnych. Nagminnie pojawiały się przekłamania nazw miejscowości, co przy dziesiątkach tysięcy rekordów jest niezwykle groźne, bo trudno wykrywalne. Algorytmy przetwarzania danych zostały ostatecznie wyposażone w odpowiednie mechanizmy, które pozwoliły w sposób automatyczny eliminować zdecydowaną większość błędów, a resztę wyraźnie sygnalizować decydentowi.

Kolejna faza obliczeń polegała na realizacji operacji geokodowania zarówno klientów, jak i potencjalnych i/lub istniejących centrów dystrybucji. W wyniku realizacji tej operacji z każdym obiektem (klient lub centrum) powiązane zostały atrybuty przestrzenne w postaci szerokości i długości geograficznej oraz węzła sieci drogowej, od którego i do którego biegnie proces transportowy związany z określonym klientem. Przykładową postać danych wygenerowaną na tym etapie obliczeń pokazuje rysunek (Rys.5).

Dane przygotowane dzięki wykorzystaniu arkusza kalkulacyjnego wraz z zestawem dedykowanych procedur pozwoliły na zrealizowanie szeregu eksperymentów obliczeniowych przy wykorzystaniu procedury Facility Location z modułu Routing/Logistics systemu TransCAD.

W efekcie powstał spory zbiór danych do analizy wyników wariantów symulacji komputerowych oraz wizualizacje i zestawienia automatycznie generowane przez system TransCAD.

Wizualizację przykładowych wyników przedstawiono na rysunku (Rys.7). Spośród 4 widocznych tam lokalizacji system zaproponował wykorzystanie lokalizacji w Koninie.

Przeprowadzone obliczenia dla wszystkich przygotowanych wariantów danych wejściowych potwierdziły taki wybór. Druga pod względem optymalności lokalizacja (Skierniewice) okazała się gorsza o ponad 1 mln kilometrów, jakie dodatkowo musiałyby



rocznie pokonać pojazdy chcąc obsłużyć ten sam, co w przypadku Konina, strumień zamówień.

ID	Lon	Lat	Miejscowość	Pn	Wt	Sr	Cz	Pt	So	Nd	Razem	Node_Id
1	19304010	51818591	Aleksandrów Łódzki	112	35	76	27	7			257	4246592
2	19341846	49853700	Andrychów	3	142	3	98	9			255	4245729
3	22990327	53845737	Augustów	3	34	1	64	4			106	4246818
4	20812999	54253229	Bartoszyce	52	175	30	106	10			373	4245938
5	19371650	51364575	Bełchatów	101	9	38		1			149	4246600
6	23118796	52025863	Biała Podlaska	169	4	110	3	16			302	4246191
7	15988046	154007115	Białogard	2	173	2	121	4			302	4245243

Rys.5. Efekt realizacji procedury geokodowania w systemie TransCAD

Wszystkie warianty obliczeń trafiły ostatecznie do arkusza kalkulacyjnego, w którym możliwe było zestawienie i filtracja dowolnych wyników w celu poszukiwania ew. alternatyw. W przedstawionym przypadku takich alternatyw nie było. Przykładowe zestawienie wyników zaprezentowane jest na rysunku (Rys.6)

Przykładowe wyniki dla różnych wariantów danych (koszt to przejechane kilometry dla uwzględnianych danych i zaproponowanej lokalizacji magazynu)											
Wszystkie dane		Drugi pod względem optymalności		dane ze stycznia		dane z lutego		dane dla poniedziałku		dane dla piątku	
Magazyn	Koszt (Razem)	Drugi (Razem)	Koszt (drugi Razem)	Mag (Sty)	Koszt (Sty)	Mag (Lut)	Koszt (Lut)	Mag (Pn)	Koszt (Pn)	Mag. dla Pt	Koszt (Pt)
1	29 160,3	3	18 714,1	1	3 290,5	1	2 950,1	1	12 708,0	1	794,3
1	87 102,0	3	77 603,0	1	8 197,8	1	8 197,8	1	1 024,7	1	3 074,2
1	45 606,9	3	36 223,8					1	1 290,8	1	1 721,0
1	127 767,7	3	123 835,4			1	30 828,7	1	17 812,1	1	3 425,4
1	22 472,6	3	14 952,9					1	15 233,1	1	150,8
1	110 717,9	3	78 050,8	1	10 265,2	1	10 631,9	1	61 958,0	1	5 865,9
1	92 093,3	3	131 527,7	1	8 538,5	1	9 758,2	1	609,9	1	1 219,8
1	108 818,2	3	79 608,0	1	8 705,5	1	10 288,3	1	47 484,3	1	3 957,0
<hr/>											
1	77 405,6	3	28 068,2	1	8 779,8	1	7 704,7	1	29 385,5	1	1 433,4
1	77 179,0	3	71 718,4	1	6 093,1	1	7 447,1			1	677,0
	<b>12 004 372,6</b>		<b>13 062 493,1</b>		<b>995 190,7</b>		<b>1 173 913,6</b>		<b>3 057 492,7</b>		<b>471 866,9</b>

Rys.6. Zestawienie rozwiązań dla różnych wariantów symulacji.

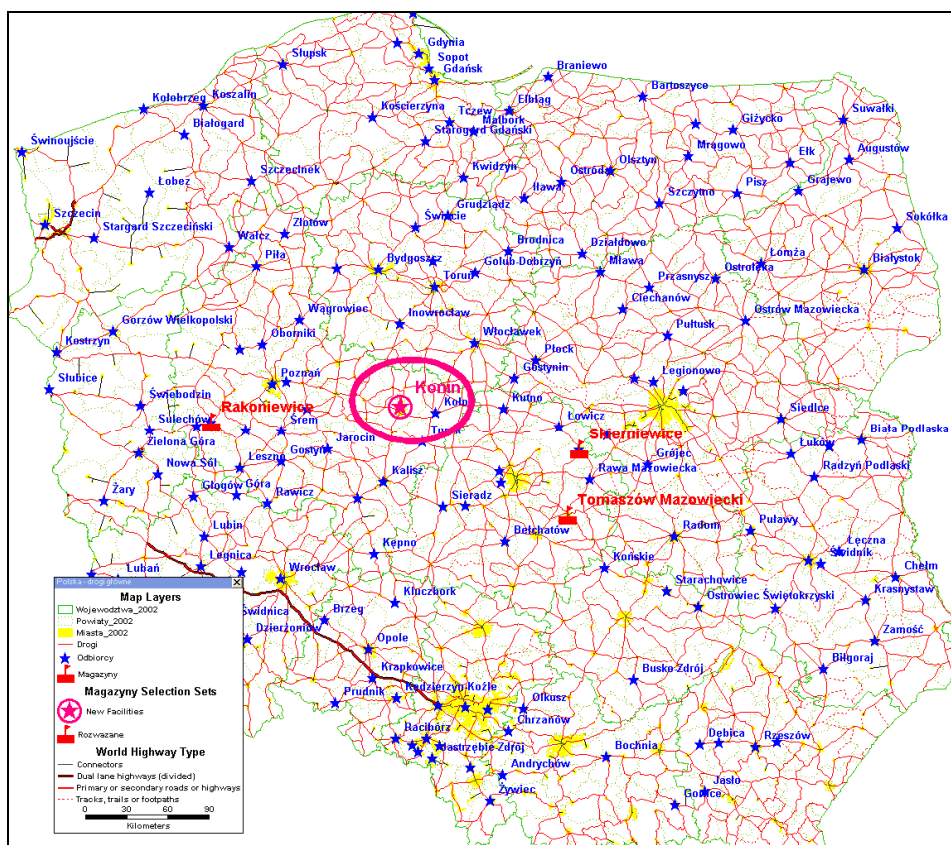
### 3. WNIOSKI

Zagadnienie lokalizacji centrum dystrybucji, choć jest problemem stale występującym w działalności operatorów logistycznych, często jest rozwiązywane z wykorzystaniem najprostszych metod, dalekich od tego, co potrafią zaoferować współczesne systemy informacji geograficznej. Dzieje się tak za sprawą małej otwartości i często słabych technologicznie systemów transakcyjnych, jakimi dysponują decydenci.

Brak wystarczającej wiedzy i metod, dzięki którym możliwe byłoby wykorzystanie zaawansowanych narzędzi optymalizacyjnych, skutkuje uproszczonym i nieprofesjonalnym podejściem do tego tak ważnego strategicznie tematu. W niniejszej pracy przedstawiono efekty pracy nad otwartym i elastycznym systemem, którego zadaniem jest przejęcie i dostosowanie danych z istniejących systemów komputerowych do wymogów i możliwości oprogramowania klasy GIS. Zrealizowano system wspomagania lokalizacji centrum dystrybucji z wykorzystaniem arkusza kalkulacyjnego MS Excel i wbudowanego weń mechanizmu umożliwiającego zaawansowaną obróbkę danych oraz systemu informacji geograficznej TransCAD.

Przeprowadzone eksperymenty obliczeniowe pokazały, że na podstawie dostępnych skromnych zasobów informacyjnych można wyprowadzić użyteczną wiedzę o optymalnej

lokalizacji centrum dystrybucji. Wielowariantowa weryfikacja uzyskanych wyników na podstawie danych operacyjnych z kilkunastu miesięcy potwierdziła stabilność zaprezentowanego przykładowego rozwiązania.



Rys.7. Wizualizacja przykładowych wyników procedury lokalizacji centrum dystrybucji.

#### 4. BIBLIOGRAFIA

- [1] Mirchandani P.B., Francis R.L.: *Discrete Location Theory*, John Wiley&Sons, Inc., New-York, 1990
- [2] Dresner Z.: *DFacility Location: A Survey of Application and Methods*, Operations Research, Springer, 1995
- [3] Maciejewski M., Walerjanczyk W.: *Dynamic optimization system of distribution process for SMEs based on GIS, GPS and metaheuristic algorithms*. Polish-German Networking-Day (Transportation & Mobility), Szczecin, Poland, 2006
- [4] Narbuntowicz E., Walerjańczyk W.: *Simulation method of public logistics center localization in Poznan city*, 1st International industrial simulation conference, Valencia, Spain, EUROSIS, The European Simulation Society s. 276-280, 2003