

Podstawowe aspekty tworzenia systemów grafiki kognitywnej

Olga Pilipczuk, Dima Shamroni

W artykule przedstawiono pojęcie i podstawowe założenia koncepcji grafiki kognitywnej. Opisano jej znaczenie w procesie rozwoju technologii informatycznych oraz historię powstania systemów grafiki kognitywnej. Ponadto w artykule zaprezentowano architekturę klasycznych systemów grafiki kognitywnej i jej podstawowe moduły. Uwagę poświęcono też systemowi NovoSpark®Visualizer, jego strukturze, metodologii i specyfice wizualizacji. Przedstawiono przykład rozwiązywania problemu wyboru strategii cenowej w systemie korporacji NovoSpark. W zakończeniu omówiono perspektywy rozwoju systemów grafiki kognitywnej oraz kierunki dalszych badań w tej dziedzinie.

1. Wprowadzenie

Wraz z rozwojem społeczeństwa gwałtownie wzrasta ilość informacji wymagających przetworzenia i jednocześnie zwiększa się poziom złożoności analizy tych informacji. Nawet przetwarzanie maszynowe nie zawsze pozwala wyekstrahować nową wiedzę z dostępnych danych. W chwili obecnej rozwiązanie wielu zadań przewyższa nie tylko możliwości umysłowe człowieka, ale i możliwości analityczne systemów komputerowych. Dlatego powstaje potrzeba poszukiwania nowych sposobów przetwarzania danych. Jednym z takich sposobów jest wizualizacja dostępnych informacji przeprowadzona z wykorzystaniem podejścia kognitywnego. Głównym zadaniem grafiki kognitywnej jest częściowa automatyzacja funkcji procesu poznania. Współczesne systemy grafiki kognitywnej zazwyczaj wspierają procesy poznania źródła problemu. Specjaliści przewidują, że kolejnym etapem w rozwoju systemów tej klasy będzie wdrożenie modułu inteligentnego w celu stworzenia reguł i doboru najlepszych wariantów decyzyjnych. Celem artykułu jest omówienie głównych aspektów tworzenia systemów grafiki kognitywnej oraz przedstawienie koncepcji i architektury systemu NovoSpark Visualizer – jako jednego z najbardziej symbolicznych przykładów systemu stosującego podejście kognitywne.

2. Systemy grafiki kognitywnej – krok ku przyszłości

Definicja pojęcia grafiki kognitywnej po raz pierwszy została wprowadzona w 1991 r. w pracy naukowej A. Zenkina, opisującej badania nad właściwościami różnych pojęć w teorii liczb. Według Zenkina grafika kognitywna jest to „zespół sposobów i metod prezentacji graficznej problemu, który pozwala albo zobaczyć rozwiązanie od razu, albo uzyskać przynajmniej odpowiedź” (Zenkin i Pospelov 1991). Innymi słowy, jest to rodzaj grafiki maszynowej, który łączy wizualizację graficzną z procesami kognitywnymi zachodzącymi w umyśle człowieka podczas podejmowania decyzji. Główną przyczyną powstania koncepcji grafiki kognitywnej stało się to, że wiedza werbalna lub symboliczna o obiekcie, zjawisku lub sytuacji rzadko jest w stanie zapewnić taką wyraźną percepcję i zrozumienie, jaką może dać percepcja wzrokowa. Grafika kognitywna pozwala użytkownikowi zobaczyć źródło lub nowy sposób rozwiązywania problemu, które wcześniej, przy wykorzystaniu tradycyjnych narzędzi analizy danych, nie były widoczne. Podejście kognitywne zakłada, że informacja przedstawiona w postaci kształtu i koloru lub ich zmiany zostaje przyswojona o wiele szybciej niż informacja w postaci tekstowej.

Powstanie koncepcji grafiki kognitywnej zainicjowało tworzenie szeregu systemów informatycznych zwiększających efektywność podejmowania decyzji. Początkowo systemy te miały prostą architekturę i w małym stopniu różniły się od tradycyjnych systemów grafiki komputerowej. Z biegiem czasu zwiększał się poziom zaawansowania systemów grafiki kognitywnej, zaczęły pojawiać się systemy wspierające nie tylko wizualizację analizowanych danych, ale również dobierające najlepszy wariant decyzyjny dla użytkownika. Systemy te znalazły zastosowanie w medycynie, ekonomice i zarządzaniu, statystyce, budownictwie, architekturze, matematyce, fizyce, mikroelektronice itp.

Dzisiaj najbardziej zaawansowane systemy grafiki kognitywnej stosuje się w astronautyce i medycynie. Na przykład przy wystartowaniu rakiety uruchamia się około dwudziestu procesów. Procesy te w systemie zostają przedstawione za pomocą kognitywnego okrągłego diagramu, na którym za pomocą spektrum barw określa się stan obiektu. Jeśli jakiś z parametrów odbiega od normy, to odpowiedni kolor na obrazie wskazuje miejsce, które wymaga naprawy. Oprócz tego system grafiki kognitywnej pomaga pokazać proces zbliżenia kosmonauty do stacji kosmicznej nie tylko podczas nauki w centrum przygotowania kosmonautów, ale również podczas lotu kosmicznego.

Ciekawe rozwiązania można znaleźć w diagnostyce medycznej. Na jednym z wydziałów uniwersytetu przeprowadzono badania nad pacjentami chorymi na astmę. System stworzony do diagnostyki tej choroby pozwala nie tylko za pomocą spektrum barw śledzić zmianę parametrów stanu organizmu, ale również za pomocą kształtów w postaci gwiazdy kontrolować odchylenie

parametrów od normy. „Gwiazdy” oprócz zmiany rozmiaru w zależności od normy zmieniają również kształt, stają się bardziej gładkie w przypadku zmiany jednych parametrów i bardziej ostre w przypadku zmiany innej grupy parametrów. Zmienić się może również liczba ramion gwiazdy. „Gwiazdy” przedstawiono w postaci obrazów trójwymiarowych, istnieje możliwość śledzenia ich zmiany na różnych płaszczyznach. Obrazy kognitywne stworzone w systemie pozwalają lekarzowi szybko ocenić ogólny stan choroby pacjenta i podjąć natychmiastowe działania.

Systemy grafiki kognitywnej bardzo pomocne są również w zarządzaniu, a szczególnie w procesie podejmowania decyzji w warunkach niepewności oraz w przypadku potrzeby szybkiego reagowania na zmieniające się warunki otoczenia: na giełdzie, w procesie wyboru strategii firmy, podczas kryzysu gospodarczego itd.

Podsumowując, można stwierdzić, że w procesie tworzenia systemu grafiki kognitywnej trzeba uwzględnić następujące wymagania (Zenkin i Pospelov 1991):

1. System powinien tworzyć takie modeli reprezentacji wiedzy, które byłyby w stanie zapewnić jednolite sposoby prezentacji obiektów charakterystycznych dla myślenia logicznego i obrazów-rysunków powstałych na skutek uruchomienia myślenia obrazowego.
2. System powinien wizualizować informacje niepoddające się opisowi liczbowemu lub słownemu.
3. System powinien zawierać przejścia od obserwowanych obrazów do sformułowania hipotezy na temat mechanizmów i procesów ukrytych w dynamice tych obrazów.

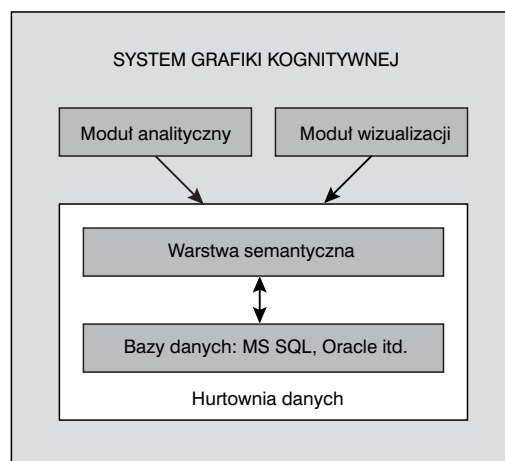
System grafiki kognitywnej może zostać stworzony jako osobna struktura lub jako moduł wizualizacji kognitywnej w strukturze innego systemu informatycznego. Tak moduł grafiki kognitywnej może zostać z powodzeniem zaimplementowany w systemach informowania kierownictwa w celu dostarczenia informacji o procesach i obiektach odbiegających od normy, w systemach wspomagania decyzji w celu wizualizacji wyników symulacji niezbędnej do pojęcia decyzji, w systemach ekspertowych w celu prezentacji wiedzy specjalistów i w wielu innych systemach.

Najważniejszym modułem w systemach grafiki kognitywnej jest moduł wizualizacji. Bez prawidłowej wizualizacji danych nie ma możliwości podjęcia poprawnej decyzji. W chwili obecnej większość systemów grafiki kognitywnej proponuje wizualizację bazującą na wykorzystaniu klasycznych i rozmytych map kognitywnych. Spośród nich warto wymienić następujące systemy: iThink, Sytuacja, Kompas, IPU RAN, Kanva i inne.

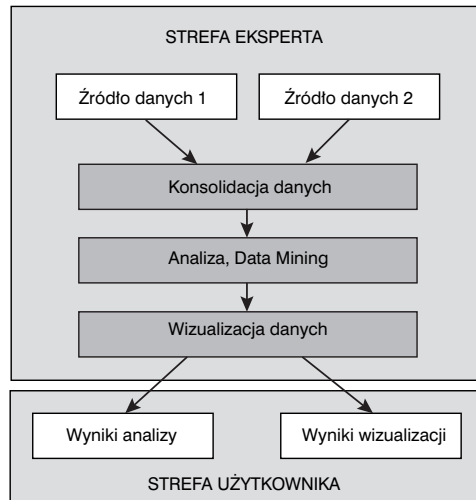
Należy jednak podkreślić, że architektura systemów grafiki kognitywnej w dużym stopniu zależy od rodzaju zadania, które chcemy rozwiązać za ich pomocą. Obecnie możemy wyróżnić systemy „wizualizacji kognitywnej” i systemy „doradztwa kognitywnego”.

Za jedno z głównych zadań systemu „wizualizacji kognitywnej” uważa się zwiększenie poziomu kognitywności dynamiki procesu poprzez przedstawienie wszystkich danych w ramach jednego integralnego obrazu. Taki system staje się niezbędny w przypadkach pojawienia się potrzeby podjęcia natychmiastowej decyzji, gdy podjęcie niepoprawnych decyzji może doprowadzić do znacznych strat finansowych albo stworzyć zagrożenie dla życia człowieka. System zazwyczaj zaprogramowany jest w taki sposób, aby uwzględniał sytuacje anomalnie i kryzysowe, pozostawiając funkcję podjęcia decyzji użytkownikowi. W tej sytuacji podejście kognitywne zakłada, że informacja przedstawiona w postaci kształtu, koloru, zmiany proporcji kształtu, zmiany koloru przyswaja się o wiele szybciej niż informacja słowna lub liczbowa. Taką koncepcję zastosowano w systemach: Novospark®Vizualizer, Tasmobit, Kogra, Dikobraz i innych.

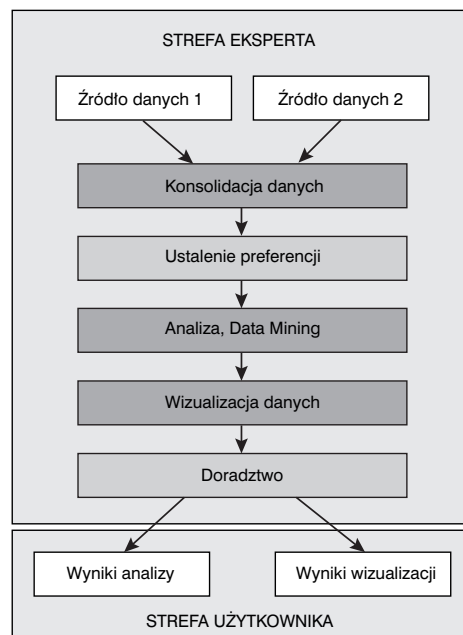
System grafiki kognitywnej składa się zazwyczaj z następujących zintegrowanych modułów: hurtowni danych, modułu analitycznego, modułu wizualizacji, serwera, warstwy semantycznej. Na rysunku 1 przedstawiono architekturę standardowego systemu „wizualizacji kognitywnej”. Centralnym punktem systemu jest hurtownia danych, która wspiera proces konsolidacji informacji, a także ułatwia dostęp do danych, kontroluje spójność informacji i zwiększa prędkość przetwarzania danych. Niektóre systemy wykorzystują również wirtualną hurtownię danych, która zapewnia dostęp do danych przechowywanych w dowolnych relacyjnych bazach danych.



Rys. 1. Architektura klasycznego systemu grafiki kognitywnej. Źródło: opracowanie własne.



Rys. 2. Architektura systemu grafiki kognitywnej z podziałem na strefy użytkownika. Źródło: opracowanie własne.



Rys. 3. Architektura systemu grafiki i doradztwa kognitywnego. Źródło: opracowanie własne.

Często w systemach grafiki kognitywnej funkcje eksperta zostają oddzielone od funkcji zwykłego użytkownika (rysunek 2). Użytkownik końcowy ma dostęp tylko do wyników analizy i ich wizualizacji.

Druga grupa systemów opiera się na procesach modelowania kognitywnego, analizy kognitywnej, prognozowania kognitywnego oraz na procesie podejmowania decyzji. W tym przypadku system przyjmuje na siebie funkcję podejmowania decyzji.

Niektóre systemy oprócz wymienionych modułów posiadają w swojej strukturze moduł analizy preferencji (rysunek 3). Do takich systemów należy na przykład system Kanva. Niestety systemy grafiki kognitywnej nie należą do tanich rozwiązań. Im bardziej funkcjonalny jest system, tym koszt systemu jest większy. W szczególności dotyczy to systemów z funkcją doradztwa kognitywnego.

3. Koncepcja i architektura systemu NovoSpark®Visualizer

Maksymalny wymiar obrazów danych wielowymiarowych zależy od wymiaru narzędzi prezentacji danych, takich jak papier lub ekran komputera. Oznacza to, że do wizualizacji stanu statycznego można wykorzystać maksymalnie trójwymiarową przestrzeń. Natomiast dla danych dynamicznych, gdzie jeden z wymiarów zostaje zarezerwowany dla przedziałów czasowych, maksymalny wymiar obrazu ogranicza się do dwóch wymiarów.

W przypadku odwzorowania trzech i więcej powiązanych parametrów tradycyjne metody wizualizacji danych (wykresy, diagramy, piktogramy i inne) nie radzą sobie z przedstawionymi wcześniej wymaganiami dotyczącymi przedstawienia i późniejszej interpretacji obrazów (Chernoff 1973; Bajaj 1999; Cleveland 1993; Friendly 2008; Friedman 2008; D'Ocagne 1885; Inselberg 1985; Inselberg 2009).

Główną ideą koncepcji systemu jest wizualizacja stanu systemu jako całości, która polega na wizualizacji wszystkich parametrów opisujących stan systemu w jednym integralnym obrazie. Metodologia przyjęta w systemie dotyczy zarówno statycznych stanów systemu, jak i dynamiki zmian stanu systemu (Eidenzon i Shamroni 2011).

Podsumowując, możemy stwierdzić, że wizualizacja integralnego stanu systemu musi spełniać następujące wymagania:

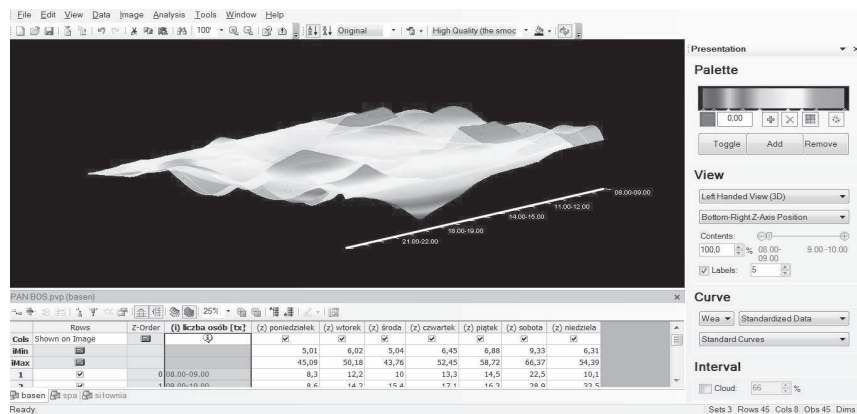
- używać wartości wszystkich parametrów systemu do tworzenia obrazu stanu bez utraty informacji;
- posiadać nie więcej niż dwa wymiary obrazu stanu;
- dynamika zmian stanu powinna być zaprezentowana w jednym obrazie statycznym.

System NovoSpark®Visualizer służy do analizy i wizualizacji danych wielowymiarowych. Moduł wizualizacji składa się z zestawu podmodułów dla systemu operacyjnego Windows XP/Vista/7.

Interfejs użytkownika został stworzony zgodnie ze standardami Microsoft dla aplikacji Windows i umożliwia wykonanie takich funkcji jak:

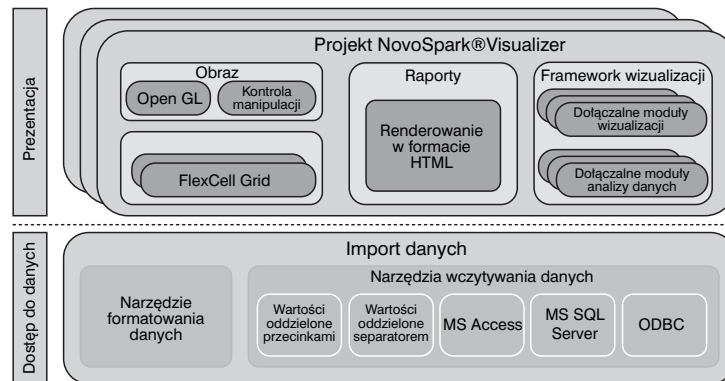
- skoordynowana i interaktywna wizualizacja danych, obrazów i wyników analizy;
- elastyczna konfiguracja interfejsu;
- dostępność wszystkich funkcji poprzez menu użytkownika;
- pomoc kontekstowa i pomoc dynamiczna.

Moduł wizualizacji daje możliwość tworzenia dwóch rodzajów obrazów: tradycyjnych i integralnych. Obrazy integralne w systemie otrzymuje się za pomocą krzywych Novospark, krzywych Andrew i współrzędnych równoległych. W systemie można uzyskać następujące rodzaje obrazów: obraz obserwacji wielowymiarowej, obraz procesu wielowymiarowego, obraz przedziału wielowymiarowego. Na rysunku 4 pokazano okno wizualizacji z integralnym obrazem. Użytkownik ma do wyboru szeroki wachlarz opcji do pracy z obrazami: różne rodzaje projekcji i przekształceń obrazu, możliwość tworzenia „chmury” przedziału wielowymiarowego, możliwość określenia obserwacji anomalnych, możliwość wyboru spektrum barw, możliwość wyboru podzbioru danych i innych ważnych opcji. Do obrazów tradycyjnych w systemie zalicza się histogramy, wykresy liniowe, diagramy punktowe, współrzędne biegunowe i inne.



Rys. 4. Wizualizacja danych wielowymiarowych w systemie NovoSpark Visualizer. Źródło: opracowanie własne.

System również tworzy możliwość przeprowadzenia szeregu analiz tradycyjnych: analizy czynnikowej, analizy skupień, analizy regresji, samoorganizujących map Kohonena itd. Szczegółową architekturę systemu przedstawiono na rysunku 5.



Rys. 5 Architektura systemu NovoSpark®Visualizer. Źródło: opracowanie własne.

NovoSpark Visualizer jest aplikacją komputerową implementująca paradygmat okienkowy multi-SDI, typowy dla popularnych „Office-like” aplikacji użytkowników. Każdy projekt w systemie przedstawia się w postaci oddzielnego okna i zapisuje się jako plik projektu, co oznacza, że można im manipulować niezależnie od innych okien projektu. Istotą każdego projektu NovoSpark Visualizer jest komponent oparty na renderowaniu OpenGL, który pokazuje wielowymiarowy obraz kompozytowy wszystkich zbiorów danych przedstawionych w oknie projektu za pomocą opatentowanej metody wizualizacji stworzonej i ciągle rozwijanej przez korporację NovoSpark. Mechanizm renderujący zapewnia możliwość wyboru różnych sposobów wizualizacji danych i różnych opcji transformacji obrazu, które mogą zostać zmienione przez użytkownika w celu otrzymania najbardziej reprezentatywnego i informatywnego obrazu wielowymiarowych zbiorów danych. Strukturę i zawartość każdego zbioru danych można przeglądać i modyfikować w oknie obsługującym FlexCell Grid, optymalnym do pracy z dużymi ilościami danych. Okna danych można przemieszczać i dołączać do dowolnej krawędzi okna projektu w celu dokonania szybkiej i łatwej konfiguracji przestrzeni projektu.

NovoSpark Visualizer Framework składa się z dołączonych modułów analizy i wizualizacji danych, które można wczytać osobno od aplikacji głównej. Niektóre dołączone moduły, zawierające metody eksploracji danych i diagramy wizualne, można pobrać ze strony korporacji NovoSpark, a także kilka niestandardowych modułów od partnerów firmy NovoSpark zintegrowanych z aplikacją główną. Framework zawiera API (interfejs programowy aplikacji) do manipulacji na wewnętrznych strukturach danych i generowania raportów w formacie HTML.

W dolnej warstwie architektury systemu znajduje się warstwa danych, która stanowi podstawę do pobierania i formatowania danych ze źródeł

zewnętrznych. Biblioteka standardowych narzędzi do wczytywania danych obsługuje różne typy plików tekstowych i „3rd party” baz danych, podczas, gdy narzędzie formatowania danych zapewnia kompatybilność danych pochodzących z różnych źródeł i wczytywanych do tego samego projektu.

4. Wykorzystanie systemu NovoSpark®Visualizer podczas wyboru strategii cenowej

Systemy grafiki kognitywnej rozpowszechniły się w ostatnich latach w zarządzaniu, szczególnie przy podejmowaniu decyzji strategicznych. W celu zaprezentowania, jak system grafiki kognitywnej może pomóc w procesie podejmowania decyzji menedżerskich, w artykule przedstawiono przykład ośrodka rekreacyjno-sportowego. Dział promocji i marketingu otrzymuje zadanie przeanalizowania częstotliwości wizyt w ośrodku i stworzenia nowej oferty cenowej, uwzględniającej otrzymane wyniki. Podczas badania została obliczona średnia liczba wizyt klientów w określonych przedziałach czasowych według poszczególnych dni tygodnia i poszczególnych miesięcy w 2011 r. W tabelach 1, 2, 3 przedstawiono otrzymane dane.

Przedziały czasowe	Poniedziałek	Wtorek	Środa	Czwartek	Piątek	Sobota	Niedziela
8.00–9.00	8,3	12,2	10,0	13,3	14,5	22,5	10,1
9.00–10.00	8,6	14,2	15,4	17,1	16,3	28,9	33,5
10.00–11.00	22,1	26,3	20,5	25,5	21,1	35,4	36,3
11.00–12.00	25,0	26,9	22,2	29,5	35,5	60,5	51,2
12.00–13.00	21,3	23,5	25,9	31,1	34,7	72,3	55,5
13.00–14.00	25,8	19,0	30,2	27,4	37,4	68,4	60,4
14.00–15.00	25,6	18,4	31,1	29,5	39,4	73,5	57,7
15.00–16.00	33,4	34,2	32,7	35,3	42,6	66,6	55,1
16.00–17.00	34,4	45,1	38,5	46,5	65,2	63,7	45,5
17.00–18.00	42,2	51,8	43,3	56,6	64,7	41,9	42,4
18.00–19.00	50,1	55,7	48,6	58,2	60,5	34,9	25,3
19.00–20.00	38,9	40,1	46,2	42,0	37,3	45,1	18,1
20.00–21.00	27,5	26,0	32,2	40,2	24,2	22,9	17,2
21.00–22.00	12,6	18,9	16,1	25,7	10,3	12,8	15,8
22.00–23.00	5,3	8,9	7,7	10,3	2,1	12,2	8,0

Tab. 1. Frekwencja klientów basenu w roku 2011. Źródło: opracowanie własne.

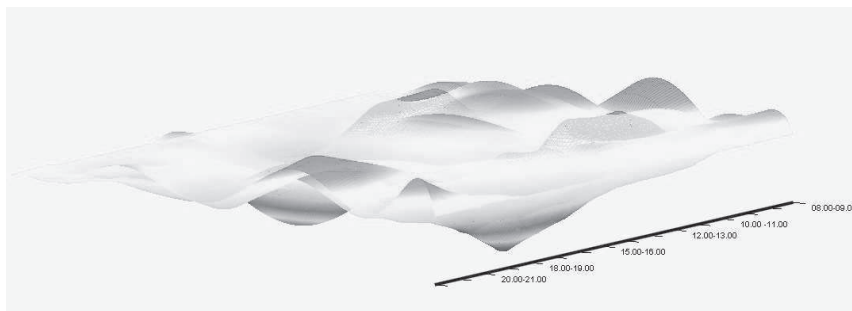
Przedziały czasowe	Poniedziałek	Wtorek	Środa	Czwartek	Piątek	Sobota	Niedziela
8.00–9.00	7,2	11,2	11,7	13,6	14,5	2,2	2,8
9.00–10.00	8,5	17,5	14,5	14,4	16,7	8,7	3,8
10.00–11.00	21,1	24,2	22,8	14,9	21,3	15,1	16,2
11.00–12.00	26,5	26,5	23,4	18,5	25,1	20,5	21,7
12.00–13.00	20,3	22,7	27,6	20,2	34,4	22,1	25,1
13.00–14.00	27,5	20,6	31,9	28,5	37,5	28,5	25,4
14.00–15.00	24,7	16,6	32,7	35,3	39,8	33,9	27,3
15.00–16.00	33,5	35,4	35,5	28,4	42,2	26,3	25,9
16.00–17.00	35,6	31,5	37,5	27,7	35,5	23,3	23,7
17.00–18.00	24,2	26,9	34,0	22,2	34,7	21,1	22,1
18.00–19.00	21,3	26,7	21,7	19,7	30,2	24,5	15,5
19.00–20.00	17,5	22,3	14,5	10,2	27,1	15,3	8,5
20.00–21.00	6,3	7,7	11,1	11,2	14,1	12,4	7,6
21.00–22.00	5,4	5,8	7,4	6,3	5,5	6,6	3,1
22.00–23.00	0,0	0,5	0,7	0,7	1,3	2,7	0,5

Tab. 2. Frekwencja klientów SPA w roku 2011. Źródło: opracowanie własne.

Przedziały czasowe	Poniedziałek	Wtorek	Środa	Czwartek	Piątek	Sobota	Niedziela
8.00–9.00	6,2	8,4	10,6	7,7	14,3	22,7	10,2
9.00–10.00	8,7	14,4	15,5	9,5	16,1	28,5	23,8
10.00–11.00	12,2	16,2	20,1	15,3	21,2	35,7	26,5
11.00–12.00	15,3	16,5	22,2	19,5	25,5	30,2	21,6
12.00–13.00	11,5	13,7	25,5	21,1	24,4	32,4	25,6
13.00–14.00	15,5	19,3	20,3	27,5	27,6	38,1	27,1
14.00–15.00	20,2	18,6	21,1	29,8	29,8	33,5	30,2
15.00–16.00	23,7	24,2	22,7	35,6	32,2	33,6	25,4
16.00–17.00	24,1	25,5	28,8	32,2	35,5	33,3	25,8
17.00–18.00	22,3	31,1	33,5	36,5	34,4	31,2	25,3
18.00–19.00	20,1	25,6	28,9	28,6	30,1	24,9	22,1
19.00–20.00	18,0	20,1	26,3	22,1	17,2	21,3	8,4
20.00–21.00	17,5	16,9	22,6	20,2	14,5	12,4	3,9
21.00–22.00	8,9	12,8	11,1	15,4	10,2	2,5	0,7
22.00–23.00	0,1	1,2	0,2	1,0	0,4	2,2	0,3

Tab. 3. Frekwencja klientów siłowni w roku 2011. Źródło: opracowanie własne.

Wszystkie dane, zawarte w tabelach 1, 2, 3, można przedstawić w systemie za pomocą jednego integralnego obrazu w przestrzeni trójwymiarowej – jak to pokazano na rysunku 6. Obraz został pokolorowany zgodnie z wartością funkcji za pomocą spektrum barw, przy czym kolorem niebieskim zaznaczono najmniejsze znaczenie funkcji, kolorem czerwonym zaś największe. W systemie istnieje również możliwość przedstawienia powyższego obrazu w przestrzeni dwuwymiarowej (rysunek 7). Na obrazie jako 0 oznaczono poniedziałek, 1 – wtorek itd.



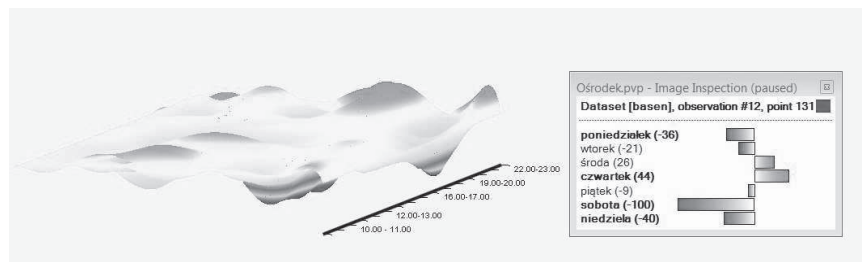
Rys. 6 Integralny obraz w przestrzeni trójwymiarowej. Źródło: opracowanie własne.



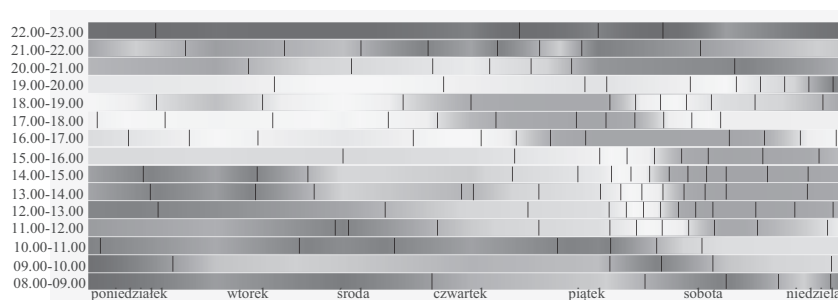
Rys. 7. Integralny obraz w przestrzeni dwuwymiarowej. Źródło: opracowanie własne.

W jaki sposób powstał kolor każdego punktu na obrazie, można dowiedzieć się, wykorzystując funkcję inspekcji, która pokazuje wpływ poszczególnych dni i ich koloru na wartość funkcji w tym punkcie (rysunek 8).

W celu zaprezentowania, jak obraz może pomóc w szybkim odnalezieniu źródła problemu, stworzono rysunek 9. Oś X przedstawia poszczególne dni tygodnia, natomiast oś Y przedziały czasowe. Przy pierwszym spojrzeniu od razu widać, w jakich dniach i godzinach popyt na usługi basenu był największy. Są to: piątek od 16.00 do 19.00, a także sobota i niedziela od godziny 12.00 do 17.00. Najniższy popyt odnotowujemy codziennie od 22.00 do 23.00. Oprócz tego łatwo jest zauważyć niski popyt w dni robocze do godziny 15.00, a szczególnie od 8.00 do 9.00. Przy projektowaniu nowej strategii cenowej warto jest rozpatrzyć wcześniejsze zamknięcie i późniejsze otwarcie basenu w celu redukcji kosztów utrzymania, natomiast w dni robocze do godziny 15.00 wprowadzenie zniżki albo promocyjnej oferty połączonej z innymi usługami ośrodka.



Rys. 8. Integralny obraz w przestrzeni trójwymiarowej z wybranym punktem. Źródło: opracowanie własne.



Rys. 9. Obraz frekwencji klientów basenu. Źródło: opracowanie własne.

5. Perspektywy rozwoju systemów grafiki kognitywnej

Jak już wcześniej zaznaczono, dzisiaj najwięcej systemów grafiki kognitywnej skupia się na wizualizacji danych, pozostawiając podjęcie decyzji użytkownikowi. Powstało również kilka systemów posiadających w swojej strukturze funkcję wsparcia procesu decyzyjnego i doboru najlepszego wariantu decyzyjnego. W chwili obecnej rozwój systemów grafiki kognitywnej idzie właśnie w tym kierunku, czyli w kierunku połączenia wizualizacji kognitywnej i decydowania kognitywnego. Sensowne wydaje się również zastosowanie metod sztucznej inteligencji w grafice kognitywnej i odwrotnie – zastosowanie elementów grafiki kognitywnej w metodach sztucznej inteligencji. Dlatego takie połączenie będzie kierunkiem dalszych badań autorów. Oprócz tego, bez względu na to, że skuteczność zastosowania grafiki kognitywnej została już udowodniona wiele razy, istnieje wiele dziedzin, w których jeszcze nie próbowano jej zastosować. Dlatego kolejnym krokiem badawczym powinno zostać wprowadzenie grafiki kognitywnej do nowych branż gospodarki i dziedzin nauki.

6. Zakończenie

Tworzenie systemów grafiki kognitywnej jest zadaniem bardzo skomplikowanym. Najważniejszym modułem systemu jest moduł wizualizacji danych. Wizualizacja powinna spełniać nie tylko swoją pierwotną funkcję – funkcję prezentacji danych, każdy obraz powinien też nieść w sobie rozwiązanie problemu. Podczas projektowania systemu grafiki kognitywnej projektant powinien rozumieć cały proces zachodzący w umyśle decydenta podczas analizy obrazu i nawet tworzyć dodatkowe moduły wspierające ten proces i proponujące najlepszy wariant decyzyjny.

Informacje o autorach

Dr Olga Pilipczuk – Katedra Zarządzania i Inżynierii Wiedzy, Uniwersytet Szczeciński. E-mail: olga.pilipczuk@wneiz.pl.

Dr Dima Shamroni – Korporacja NovoSpark, Kanada.
E-mail: dima.shamroni@novospark.ca.

Bibliografia

- Bajaj, Ch. i B. Krishnamurthy 1999. *Data Visualization Techniques*, Wiley Computer Books.
- Chernoff, H. 1973. The Use of Faces to Represent Points in K-Dimensional Space Graphically. *Journal of the American Statistical Association*, nr 68 (342), s. 361–368.
- Cleveland, W. 1993. *Visualizing Data*, New Jersey: Hobart Press.

- D'Ocagne, M. 1885. *Coordonnées Parallèles et Axiales: Méthode de transformation géométrique et procédé nouveau de calcul graphique déduits de la considération des coordonnées parallèles*, Paris: Gauthier-Villars.
- Eidenzon, D. i D. Shamroni 2011. *Multidimensional Data Visualization*, materiały konferencyjne "Conference on Probabilistic Methodologies in Water and Wastewater Engineering", Toronto.
- Friedman, V. 2008. Data Visualization and Infographics. *Graphics, Monday Inspiration*, 14.01.2008.
- Friendly, M. 2008. *Milestones in the history of thematic cartography, statistical graphics, and data visualization*, <http://www.math.yorku.ca/SCS/Gallery/milestone/milestone.pdf>.
- Inselberg, A. 1985. The Plane with Parallel Coordinates. *Visual Computer*, nr 1 (4), s. 69–91.
- Inselberg, A. 2009. *Parallel Coordinates: VISUAL Multidimensional Geometry and its Applications*, Springer.
- Zenkin, A. i D. Pospelov 1991. *Kognitywna grafika komputerowa*, Moskwa: Nauka.