Elijah Meeks

D3.js w akcji

Helion

Tytuł oryginału: D3.js in Action

Tłumaczenie: Tomasz Walczak

Projekt okładki: Studio Gravite / Olsztyn; Obarek, Pokoński, Pazdrijowski, Zaprucki
Materiały graficzne na okładce zostały wykorzystane za zgodą Shutterstock Images LLC.

ISBN: 978-83-283-1823-6

Wydawnictwo HELION
ul. Kościuszki 1c, 44-100 GLIWICE
tel. 32 231 22 19, 32 230 98 63
e-mail: *helion@helion.pl*
WWW: *http://helion.pl* (księgarnia internetowa, katalog książek)

Drogi Czytelniku!
Jeżeli chcesz ocenić tę książkę, zajrzyj pod adres
http://helion.pl/user/opinie/d3jsak
Możesz tam wpisać swoje uwagi, spostrzeżenia, recenzję.

Pliki z przykładami omawianymi w książce można znaleźć pod adresem:
ftp://ftp.helion.pl/przyklady/d3jsak.zip

Printed in Poland.

Spis treści

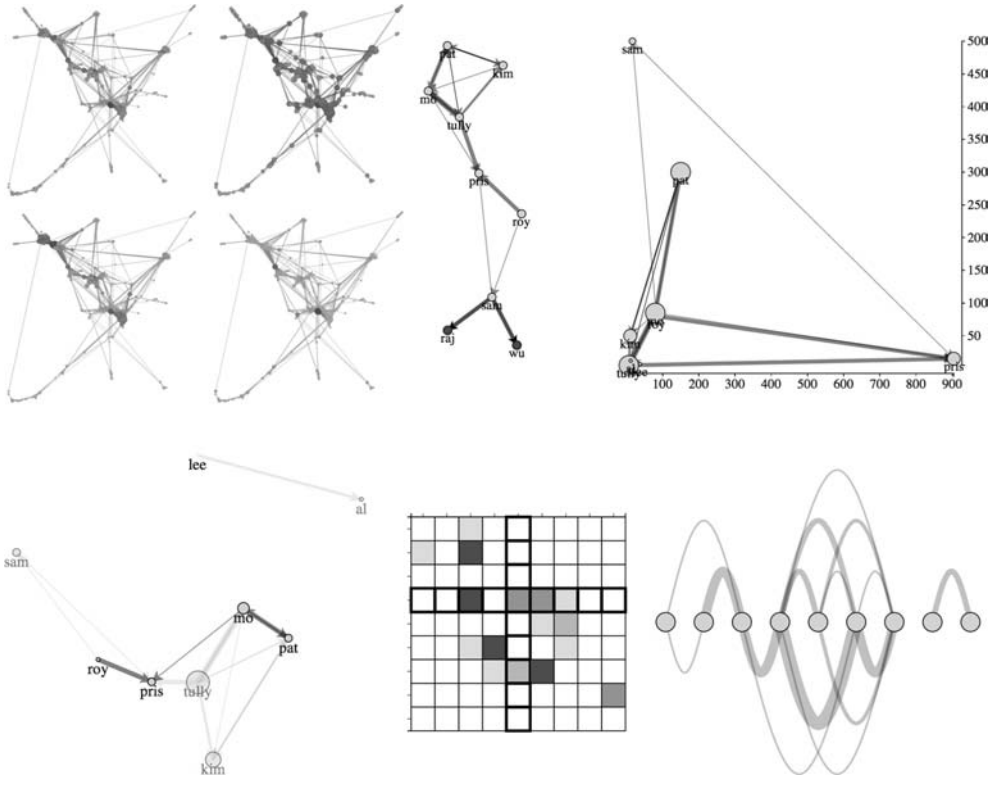
6 Wizualizowanie sieci

Zawartość rozdziału:

- Tworzenie macierzy sąsiedztwa i diagramów łukowych
- Używanie układu opartego na siłach
- Przedstawianie kierunków
- Dodawanie i usuwanie węzłów oraz krawędzi w sieciach

Analizowanie i wizualizowanie sieci to zadania wykonywane coraz częściej. Powodem jest rozrastanie się internetowych sieci społecznościowych, takich jak Twitter i Facebook, a także popularność mediów społecznościowych i powiązanych danych w tak zwanej sieci Web 2.0. Wizualizacje sieci, z którymi zetkniesz się w tym rozdziale (przykłady znajdziesz na rysunku 6.1), są interesujące przede wszystkim dlatego, że dotyczą głównie powiązań między elementami. Dlatego reprezentują systemy bardziej precyzyjnie niż tradycyjne „płaskie" dane przedstawiane w standardowych wizualizacjach danych.

Ten rozdział dotyczy reprezentowania sieci. Dlatego ważne jest, by zrozumieć związaną z nimi terminologię. W kontekście sieci powiązane ze sobą obiekty (na przykład ludzie) są nazywane *węzłami*, a połączenia między nimi (na przykład między znajomymi na Facebooku) są określane jako *krawędzie*. Czasem węzły nazywa się też *wierzchołkami*, ponieważ to w nich łączą się krawędzie. Choć zrozumiałe jest, że rysunki z opisanymi węzłami i krawędziami są przydatne, to jedna z lekcji płynących z tego rozdziału jest taka, że nie istnieje jeden, najlepszy sposób przedstawiania sieci. Sieci czasem nazywane są też *grafami*, ponieważ to określenie stosowane jest w matematyce. Znaczenie węzła w sieci określa się na podstawie *centralności*. To oczywiście nie wszystkie pojęcia, ale podany zestaw wystarczy do rozpoczęcia pracy.



Rysunek 6.1. Oprócz omówienia podstaw analizy sieci (punkt 6.2.3) rozdział 6. obejmuje opisy tworzenia sieci na podstawie współrzędnych x i y (punkt 6.2.5), algorytmów opartych na siłach (podrozdział 6.2), macierzy sąsiedztwa (punkt 6.1.2) i diagramów łukowych (punkt 6.1.3)

Z sieciami związany jest nie tylko format danych, ale też sposób spojrzenia na nie. Gdy przetwarzasz dane o sieci, zwykle starasz się wykryć i wyświetlić wzorce występujące w danej sieci lub jej części. Poszczególne węzły są mniej istotne. Choć można tworzyć wizualizacje sieci, aby otrzymać atrakcyjny graficzny indeks (na przykład mapę myśli lub mapę witryny), to typowe techniki wizualizowania sieci służą do prezentowania jej struktury, a nie pojedynczych węzłów.

6.1. Statyczne diagramy sieci

Dane o sieciach różnią się od danych hierarchicznych. W sieciach mogą występować połączenia wiele do wielu, tak jak na diagramie Sankeya z rozdziału 5., natomiast w danych hierarchicznych węzeł może mieć wiele elementów podrzędnych, ale tylko jeden element nadrzędny (tak jak w układach `tree` i `pack` z rozdziału 5.). Sieć nie musi być siecią społecznościową. Ten format może reprezentować wiele różnych struktur — na przykład sieci transportowe lub powiązane dane bez narzuconej struktury. W tym rozdziale poznasz cztery popularne sposoby reprezentowania sieci — jako danych, za pomocą macierzy sąsiedztwa, przy użyciu diagramów łukowych i na diagramach opartych na siłach.

Każdy z tych sposobów związany jest z inną reprezentacją graficzną. Na przykład w układzie opartym na siłach węzły są przedstawiane jako koła, a krawędzie — jako linie. W macierzach sąsiedztwa węzły są rozmieszczane według współrzędnych x i y, a krawędzie to wypełnione kwadraty. Nie istnieje domyślna reprezentacja sieci; przykłady przedstawione w tym rozdziale ilustrują najczęściej stosowane techniki.

6.1.1. Dane o sieci

Choć dane o sieci można przechowywać w różnych formatach, najczęściej używa się *list krawędzi*. Lista krawędzi jest zwykle zapisana w pliku CSV, takim jak na listingu 6.1. Taki plik obejmuje kolumny węzłów źródłowych (ang. *source*) i docelowych (ang. *target*) oraz łańcuchy znaków lub liczby określające, które węzły są powiązane ze sobą. Każda krawędź może mieć też inne atrybuty, określające typ połączenia lub jego siłę, czas, przez jaki połączenie jest aktywne, kolor, a także inne niezbędne informacje. Ważne jest to, że potrzebne są tylko kolumny ze źródłowymi i docelowymi węzłami.

Listing 6.1. Plik edgelist.csv

```
source,target,weight
Maja,Piotr,1
Jan,Piotr,5
Jan,Maja,1
Leon,Piotr,5
Leon,Iga,3
Leon,Ada,1
Leon,Adam,3
Iga,Ada,2
Iga,Adam,1
Adam,Leon,7
Adam,Ada,1
Adam,Piotr,1
Ada,Leon,1
Ada,Iga,2
Ada,Adam,5
Igor,Alan,3
```

W sieciach skierowanych kolumny z węzłami źródłowymi i docelowymi określają kierunek połączenia między węzłami. W sieci skierowanej węzły mogą być połączone ze sobą w jednym kierunku, ale już niekoniecznie w drugim. Możliwe, że obserwujesz innego użytkownika na Twitterze, ale on nie musi obserwować Ciebie. W sieciach nieskierowanych zwykle też używane są kolumny z węzłami źródłowymi i docelowymi, ale połączenie działa tak samo w obu kierunkach. Pomyśl o sieci obejmującej połączenia między osobami, które uczestniczyły w tych samych zajęciach. Jeśli chodziłem z Tobą na te same zajęcia, Ty chodziłeś na nie ze mną. W tym rozdziale zetkniesz się z sieciami skierowanymi i sieciami z wagami.

W pliku znajduje się też kolumna `weight` określająca siłę połączeń. Tu lista krawędzi określa, ile razy osoba z kolumny `source` dodała do ulubionych tweety osoby z kolumny `target`. Maja polubiła jeden tweet Piotra, Jan dodał do ulubionych pięć tweetów Piotra itd. Jest to więc *sieć z wagami*, ponieważ krawędzie mają określone wagi. Jest

to też *sieć skierowana*, ponieważ krawędzie mają kierunek. To oznacza, że używana jest *sieć skierowana z wagami*, dlatego w wizualizacjach trzeba uwzględnić zarówno wagi, jak i kierunek.

Pod względem technicznym do utworzenia sieci potrzebna jest tylko lista krawędzi, ponieważ listę węzłów można uzyskać na podstawie unikatowych wartości z listy krawędzi. Takie zadanie wykonują standardowe pakiety do analiz sieci (na przykład narzędzie Gephi). Choć można uzyskać listę węzłów w JavaScripcie, częściej tworzy się listę węzłów z dodatkowymi informacjami na ich temat. Taką listę przedstawia poniższy listing 6.2.

Listing 6.2. Plik nodelist.csv

```
id,followers,following
Maja,17,500
Jan,83,80
Piotr,904,15
Leon,7,5
Iga,11,50
Adam,80,85
Ada,150,300
Igor,38,7
Alan,12,12
```

Ponieważ dane dotyczą użytkowników Twittera, na podstawie ich statystyk dostępne są dodatkowe informacje. Tu używana jest liczba obserwujących (`followers`) i obserwowanych (`following`) osób. Taka lista nie musi zawierać nic poza identyfikatorem. Jednak dostęp do dodatkowych danych pozwala zmodyfikować wizualizację i uwzględnić atrybuty węzłów.

Reprezentacja sieci zależy od jej wielkości i charakteru. Jeśli sieć nie reprezentuje połączeń między podobnymi obiektami, ale przepływ towarów, informacji lub ruchu, można wykorzystać diagram Sankeya (tak jak w rozdziale 5.). Pamiętaj, że format danych dla diagramów Sankeya jest identyczny jak w tym przykładzie — potrzebne są tablica węzłów i tablica krawędzi. Diagram Sankeya nadaje się tylko do określonych rodzajów danych o sieci. Wykresy innych typów, na przykład macierze sąsiedztwa, są bardziej uniwersalnym narzędzie do prezentowania danych o sieciach.

Zanim zaczniesz pisać kod do tworzenia wizualizacji sieci, przygotuj arkusz stylów CSS, co pozwoli określać kolory na podstawie klas i ograniczyć ilość stylów wewnątrzwierszowych. Listing 6.3 zawiera kod stylów CSS potrzebny we wszystkich przykładach z tego rozdziału. Pamiętaj, że style wewnątrzwierszowe i tak będą potrzebne przy ustawianiu wartości liczbowych dla atrybutów elementów graficznych na podstawie danych — na przykład do ustawiania atrybutu `stroke-width` linii na podstawie siły połączenia.

Listing 6.3. Plik networks.css

```
.grid {
    stroke: black;
    stroke-width: 1px;
    fill: red;
```

```
}
.arc {
    stroke: black;
    fill: none;
}
.node {
    fill: lightgray;
    stroke: black;
    stroke-width: 1px;
}
circle.active {
    fill: red;
}
path.active {
    stroke: red;
}
```

6.1.2. Macierz sąsiedztwa

Gdy zetkniesz się z większą liczbą reprezentowanych graficznie sieci, może Ci się wydać, że jedynym sposobem ich wizualizowania jest używanie kół lub kwadratów dla węzłów oraz linii (prostych lub krzywych) dla krawędzi. Może być dla Ciebie zaskoczeniem to, że w jednej z najbardziej skutecznych wizualizacji sieci nie występują w ogóle linie. W *macierzy sąsiedztwa* połączenia między węzłami są obrazowane za pomocą siatki.

Zasady tworzenia macierzy sąsiedztwa są proste. Należy rozmieścić węzły na osiach x i y, a następnie wypełnić pola na przecięciach tych węzłów, które są ze sobą powiązane. Pola dla niepowiązanych węzłów pozostają puste. Ponieważ przykładowe dane dotyczą sieci skierowanej, węzły na osi y można uznać za źródłowe, a węzły na osi x — za docelowe. Takie rozwiązanie zastosowano kilka stron dalej. Ponadto ponieważ używana jest sieć z wagami, do ich określania posłuży jasność. Jaśniejsze kolory będą oznaczały słabsze połączenia, a ciemniejsze — silniejsze.

Jedyny problem z budowaniem macierzy sąsiedztwa w bibliotece D3 polega na tym, że nie istnieje gotowy układ. To oznacza, że wykres trzeba zbudować ręcznie — tak jak wcześniej wykres słupkowy, punktowy lub pudełkowy. Mike Bostock opracował bardzo efektowny przykład (*http://bost.ocks.org/mike/miserables/*). Możesz jednak przygotować działający wykres bez pisania dużej ilości kodu. Ilustruje to funkcja z listingu 6.4. Kod musi jednak przetwarzać dwie tablice obiektów JSON generowane na podstawie pliku CSV i sformatować dane w taki sposób, by możliwa była łatwa praca z nimi. Podobne zadania trzeba wykonać podczas pisania własnego układu, co zrobisz w rozdziale 10. Zwykle jest to dobre rozwiązanie.

Listing 6.4. Funkcja generująca macierz sąsiedztwa

```
function adjacency() {
  queue()
    .defer(d3.csv, "nodelist.csv")
    .defer(d3.csv, "edgelist.csv")
    .await(function(error, file1, file2) {
      createAdjacencyMatrix(file1, file2);
```

Najpierw trzeba wczytać dwa zbiory danych. Kolejka umożliwia tu wczytanie plików przed przejściem do dalszych zadań

```
  });

function createAdjacencyMatrix(nodes,edges) {
  var edgeHash = {};
  for (x in edges) {
    var id = edges[x].source + "-" + edges[x].target;
    edgeHash[id] = edges[x];
  };
  matrix = [];
  for (a in nodes) {
    for (b in nodes) {
      var grid =
        {id: nodes[a].id + "-" + nodes[b].id,
          x: b, y: a, weight: 0};
      if (edgeHash[grid.id]) {
        grid.weight = edgeHash[grid.id].weight;
      };
      matrix.push(grid);
  };
};

d3.select("svg")
  .append("g")
  .attr("transform", "translate(50,50)")
  .attr("id", "adjacencyG")
  .selectAll("rect")
  .data(matrix)
  .enter()
  .append("rect")
  .attr("class", "grid")
  .attr("width", 25)
  .attr("height", 25)
  .attr("x", function (d) {return d.x * 25})
  .attr("y", function (d) {return d.y * 25})
  .style("fill-opacity",function (d) {return d.weight * .2;})

var scaleSize = nodes.length * 25;
var nameScale = d3.scale.ordinal()
  .domain(nodes.map(function (el) {return el.id}))
  .rangePoints([0,scaleSize],1);

var xAxis = d3.svg.axis()
  .scale(nameScale).orient("top").tickSize(4);
var yAxis = d3.svg.axis()
  .scale(nameScale).orient("left").tickSize(4);
d3.select("#adjacencyG").append("g").call(yAxis);
d3.select("#adjacencyG").append("g").call(xAxis)
  .selectAll("text")
  .style("text-anchor", "end")
  .attr("transform", "translate(-10,-10) rotate(90)");
};
};
```

Skrót pozwala sprawdzać, czy istnieje krawędź między podanymi węzłami źródłowym i docelowym

Tworzy wszystkie możliwe powiązania węzłów źródłowych z docelowymi

Ustawia współrzędne x i y na podstawie pozycji węzłów źródłowego i docelowego w tablicy

Jeśli dana krawędź istnieje na liście krawędzi, należy przypisać jej odpowiednią wagę

Tworzy skalę porządkową na podstawie identyfikatorów węzłów

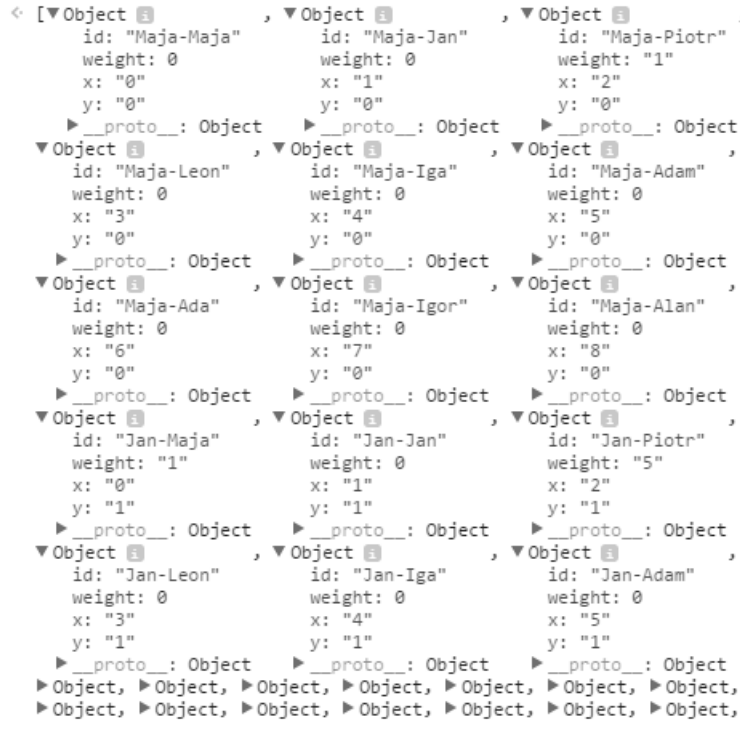
Używane dla skali porządkowej

Dla obu osi używana jest ta sama skala

Rotuje tekst na osi y

Zastosowano tu kilka nowych technik. Użyto nowej skali, `d3.scale.ordinal`, przyjmującej tablicę różnych wartości i umożliwiającej rozmieszczenie ich na osi w taki sposób, jak zrobiono to z nazwami węzłów w tym przykładzie. Konieczne jest zastoso-

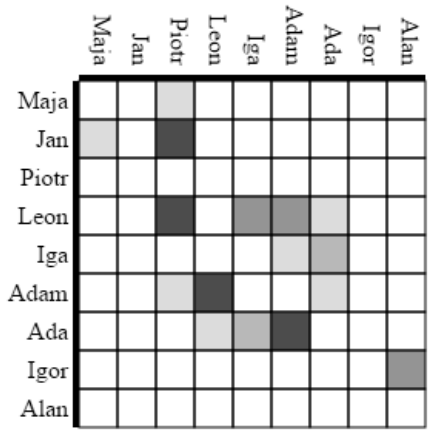
wanie nieomawianej wcześniej funkcji dla skal, `rangePoints`, która tworzy zestaw kubełków z wartościami wyświetlanych na osi lub w inny sposób. Funkcja wiąże każdą unikatową wartość z liczbą z podanego przedziału. Dla każdego punktu można też zadeklarować w drugiej, opcjonalnej zmiennej przesunięcie. Inny nowy fragment kodu wykorzystuje bibliotekę *queue.js*, potrzebną, ponieważ kod wczytuje dwa pliki CSV, a funkcję należy uruchomić dopiero po ich załadowaniu. Kod generuje reprezentującą macierz tablicę obiektów, która może wydawać się niezrozumiała. Jeśli jednak przyjrzysz się jej w konsoli, zobaczysz — co pokazuje rysunek 6.2 — że generowana jest lista wszystkich możliwych połączeń i ich sił.



Rysunek 6.2. Budowana tablica powiązań. Zauważ, że w tablicy zapisywane są wszystkie możliwe powiązania. Jednak tylko połączenia istniejące w zbiorze danych mają wagę większą niż 0. Zwróć ponadto uwagę, że w wyniku importu danych z pliku CSV wagi są zapisywane jako łańcuchy znaków

Na rysunku 6.3 pokazana została uzyskana macierz sąsiedztwa oparta na listach węzłów i krawędzi.

W wielu macierzach sąsiedztwa zauważysz, że kwadrat reprezentujący połączenie węzła z samym sobą jest zawsze zapełniony. W słownictwie związanym z sieciami oznacza to *pętlę własną*. Zjawisko to zachodzi, gdy węzeł jest powiązany sam ze sobą. W przykładzie taka pętla oznaczałaby, że ktoś dodał własny tweet do ulubionych. Na szczęście w używanym zbiorze danych nikt nie jest na tyle zdesperowany, by to zrobić.

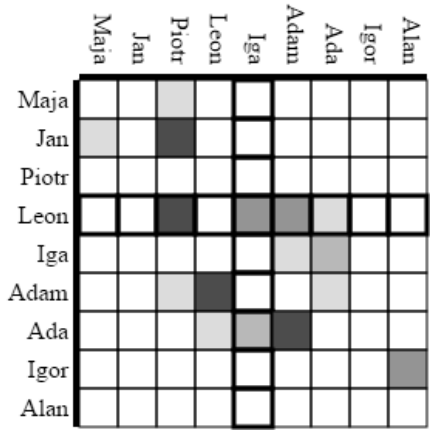


Rysunek 6.3. Macierz sąsiedztwa dla skierowanej sieci z wagami. Jaśniejszy kolor oznacza słabsze powiązanie, a ciemniejszy — silniejsze. Węzły źródłowe są zapisane na osi y, a docelowe — na osi x. Macierz pokazuje, że Jan dodał do ulubionych tweety Mai, natomiast Maja nie polubiła żadnych tweetów Jana

Jeśli chcesz, możesz dodać mechanizmy interaktywne, by zwiększyć czytelność macierzy. Siatki są czasem mało czytelne, gdy nie można wyróżnić wiersza i kolumny dla danego kwadratu. Skonfigurowanie wyróżniania w macierzy jest łatwe. Wystarczy dodać odbiornik zdarzenia `mouseover`, który uruchamia funkcję `gridOver` wyróżniającą wszystkie kwadraty o tej samej współrzędnej x lub y:

```
d3.selectAll("rect.grid").on("mouseover", gridOver);

function gridOver(d,i) {
  d3.selectAll("rect").style("stroke-width", function (p) {
    return p.x == d.x || p.y == d.y ? "3px" : "1px"});
};
```

Na rysunku 6.4 widać, że teraz przeniesienie kursora nad kwadrat siatki powoduje wyróżnienie wiersza i kolumny z tym kwadratem.



Rysunek 6.4. Macierz sąsiedztwa z wyróżnionymi kolumną i wierszem kwadratu z siatki. W tym przykładzie kursor znajduje się nad krawędzią łączącą Leona z Igą. Widać, że Leon polubił tweety czterech osób, spośród których jedną była Iga, natomiast tweety Igi zostały dodane do ulubionych tylko przez jeszcze jedną osobę, Adę (http://bl.ocks.org/emeeks/391e2cf83a0708c19f8c)

6.1.3. Diagram łukowy

Do graficznego przedstawiania sieci można też wykorzystać diagramy łukowe. W takim diagramie węzły są rozmieszczone na linii i połączone łukami widocznymi nad linią lub pod nią. Nie istnieje układ dla diagramów łukowych, a przykładów dostępnych jest jeszcze mniej niż dla macierzy sąsiedztwa. Gdy już jednak zapoznasz się z kodem, zobaczysz, że zasady tworzenia takich diagramów są proste. Utwórz więc teraz jeszcze jeden pseudoukład (podobnie jak dla macierzy sąsiedztwa). Tym razem trzeba przetwarzać nie tylko krawędzie, ale też węzły. Potrzebny kod znajdziesz na listingu 6.5.

Listing 6.5. Kod generujący diagram łukowy

```
function arcDiagram() {
  queue()
    .defer(d3.csv, "nodelist.csv")
    .defer(d3.csv, "edgelist.csv")
    .await(function(error, file1, file2) {
      createArcDiagram(file1, file2);
    });

function createArcDiagram(nodes,edges) {

  var nodeHash = {};
  for (x in nodes) {
    nodeHash[nodes[x].id] = nodes[x];
    nodes[x].x = parseInt(x) * 40;
  };
  for (x in edges) {
    edges[x].weight = parseInt(edges[x].weight);
    edges[x].source = nodeHash[edges[x].source];
    edges[x].target = nodeHash[edges[x].target];
  };

  linkScale = d3.scale.linear()
    .domain(d3.extent(edges, function (d) {return d.weight}))
    .range([5,10])

  var arcG = d3.select("svg").append("g").attr("id", "arcG")
    .attr("transform", "translate(50,250)");

  arcG.selectAll("path")
    .data(edges)
    .enter()
    .append("path")
    .attr("class", "arc")
    .style("stroke-width", function(d) {return d.weight * 2;})
    .style("opacity", .25)
    .attr("d", arc)

  arcG.selectAll("circle")
    .data(nodes)
    .enter()
    .append("circle")
```

Tworzy skrót łączący każdy obiekt JSON węzła z identyfikatorem

Ustawia dla każdego węzła współrzędną x na podstawie pozycji w tablicy

Zastępuje identyfikator tekstowy węzła wskaźnikiem do obiektu JSON

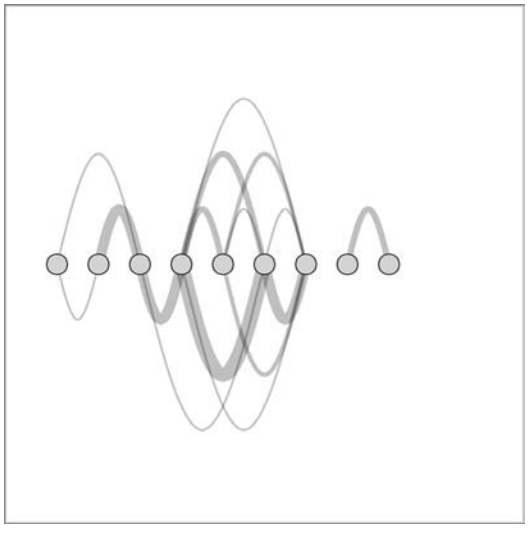
Rysuje krawędzie przy użyciu funkcji arc

```
    .attr("class", "node")
    .attr("r", 10)
    .attr("cx", function (d) {return d.x;})

    function arc(d,i) {
      var draw = d3.svg.line().interpolate("basis");
      var midX = (d.source.x + d.target.x) / 2;
      var midY = (d.source.x - d.target.x) * 2;
      return draw([[d.source.x,0],[midX,midY],[d.target.x,0]])
    };
  };
};
```

Rysuje węzły jako koła według współrzędnych x węzłów

Rysuje z wykorzystaniem interpolacji basis linię z węzła źródłowego do docelowego przez obliczony punkt środkowy

Zauważ, że w generowanej tablicy krawędzi używany jest skrót z identyfikatorem krawędzi w celu utworzenia referencji do obiektów. Dzięki przygotowaniu obiektów z referencjami do węzłów źródłowego i docelowego można łatwo wyznaczyć graficzne atrybuty elementów `<line>` i `<path>` używanych do przedstawiania krawędzi. Ta sama technika jest stosowana w opartych na siłach układach omówionych dalej w rozdziale. Wskutek uruchomienia tego kodu tworzony jest pierwszy diagram łukowy, pokazany na rysunku 6.5.



Rysunek 6.5. Diagram łukowy z połączeniami między węzłami reprezentowanymi jako łuki nad i pod węzłami. Łuki nad węzłami oznaczają krawędzie od lewej do prawej, natomiast łuki pod węzłami informują, że węzeł źródłowy znajduje się po prawej stronie, a docelowy — po lewej

W tego rodzaju abstrakcyjnych wykresach interaktywność nie jest już opcjonalna. Choć krawędzie są generowane według reguł, a liczba węzłów i krawędzi jest akceptowalna, trudno ustalić, kto jest z kim powiązany i w jaki sposób. Możesz dodać przydatny aspekt interaktywny i wyróżniać krawędzie węzła po umieszczeniu nad nim kursora oraz węzły powiązane z krawędzią — po przesunięciu nad nią myszy. W tym celu dodaj dwie funkcje przedstawione na listingu 6.6. Efekt zobrazowany został na rysunku 6.6.

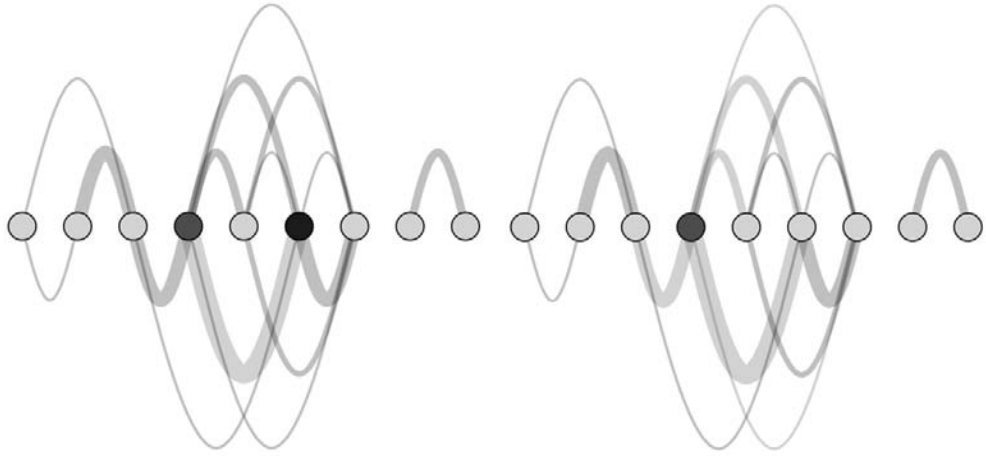
Listing 6.6. Interaktywny kod diagramu łukowego

```
d3.selectAll("circle").on("mouseover", nodeOver);
d3.selectAll("path").on("mouseover", edgeOver);

function nodeOver(d,i) {
  d3.selectAll("circle").classed("active", function (p) {
    return p == d ? true : false;
  });

  d3.selectAll("path").classed("active", function (p) {
    return p.source == d || p.target == d ? true : false;
  });
};

function edgeOver(d) {
  d3.selectAll("path").classed("active", function(p) {
    return p == d ? true : false;
  });

  d3.selectAll("circle").style("fill",function(p) {
    return p == d.source ? "blue" : p == d.target ? "green" : "lightgray";
  });
};
```

Tworzy selekcję z wszystkimi węzłami, aby ustawić klasę węzła, nad którym znajduje się kursor, na "active"

Krawędzie, w których wybrany węzeł jest wierzchołkiem źródłowym lub docelowym, są wyświetlane w kolorze czerwonym

Ta zagnieżdżona instrukcja if sprawdza, czy dany węzeł jest wierzchołkiem źródłowym (kolor jest ustawiany na niebieski), czy docelowym (kolor zielony). Pozostałe węzły są wyświetlane w kolorze szarym



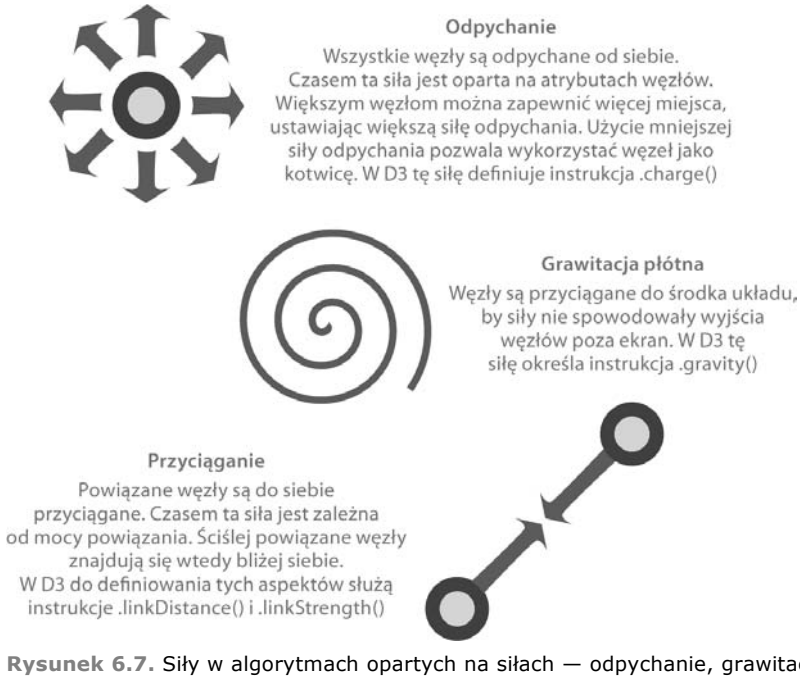
Rysunek 6.6. Reakcja na umieszczenie kursora nad krawędzią (po lewej) polega na wyróżnieniu krawędzi kolorem różowym, węzła źródłowego — kolorem niebieskim, a węzła docelowego — kolorem zielonym. Po przeniesieniu kursora nad węzeł (po prawej) węzeł jest wyróżniany kolorem czerwonym, a przyległe krawędzie — kolorem różowym (http://bl.ocks.org/emeeks/dbbafc21d4c4fc879568)

Jeśli chcesz dowiedzieć się więcej o diagramach łukowych i zastosować je do większych zbiorów danych, przyjrzyj się diagramom łukowym z wieloma osiami (ang. *hive plots*), czyli diagramom łukowym uporządkowanym na kilku osiach. W tej książce diagramy łukowe z wieloma osiami nie są opisywane, ale na stronie *https://github.com/d3/d3-plugins/tree/master/hive* znajdziesz wtyczkę z przeznaczonym dla nich układem. Zaletą

macierzy sąsiedztwa i diagramów łukowych jest kontrola nad porządkowaniem i rozmieszczaniem węzłów, a także ich liniowy układ. Następna technika wizualizowania sieci, której dotyczy pozostała część rozdziału, wykorzystuje zupełnie inne zasady określania, jak i gdzie należy rozmieszczać węzły i krawędzie.

6.2. Układ oparty na siłach

Nazwa układu opartego na siłach związana jest z metodą używaną do określania optymalnej graficznej reprezentacji sieci. Układ `force()`, podobnie jak opisane w rozdziale 5. układy dla chmur słów i diagramów Sankeya, dynamicznie aktualizuje pozycje elementów, by znaleźć dla nich najlepsze lokalizacje. Jednak w odróżnieniu od innych układów robi to w czasie rzeczywistym, a nie w ramach wstępnego przetwarzania przed wyświetleniem wykresu. Układ oparty na siłach działa na podstawie trzech sił, co pokazuje rysunek 6.7. Te siły odpychają węzły od siebie, przyciągają powiązane węzły i zapobiegają wyjściu węzłów poza ekran.



Rysunek 6.7. Siły w algorytmach opartych na siłach — odpychanie, grawitacja i przyciąganie. W takich algorytmach można uwzględniać też inne czynniki (na przykład hierarchie i wykrywanie społeczności), ale wymienione cechy są najczęściej spotykane. W dużych sieciach siły oblicza się z przybliżeniem, by poprawić wydajność algorytmów

Z tego podrozdziału dowiesz się, jak działają układy oparte na siłach i jak je tworzyć. Poznasz też ogólne zasady analizowania sieci, które to zasady pomogą Ci lepiej zrozumieć owe układy. Ponadto zobaczysz, jak dodawać i usuwać węzły oraz krawędzie, a także jak dostosowywać ustawienia układu w locie.

6.2.1. Tworzenie dla sieci diagramu opartego na siłach

Układ `force()` inicjowany na listingu 6.7 ma ustawienia, z którymi już się zetknąłeś. Najbardziej oczywiste jest ustawienie `size()`, określające tablicę z szerokością i wysokością układu, na podstawie której obliczane są siły. Ustawienia `nodes()` i `links()` są takie same jak dla układów Sankeya z rozdziału 5. Przyjmują tablice danych reprezentujące węzły i krawędzie. W tablicy z krawędziami tworzone są referencje do węzłów źródłowych i docelowych (tak jak dla diagramów łukowych). Takiego formatu oczekuje układ `force()`. Używane są tu liczby całkowite określające pozycje węzłów w ich tablicy. W rozdziale 5. podobnie sformatowano dane w tablicy krawędzi na potrzeby diagramu Sankeya. Nowym ustawieniem na listingu 6.7 jest `charge()` — określa ono, jak bardzo każdy węzeł odpycha inne węzły. Stosowany jest też nowy odbiornik zdarzeń, `"tick"`, który należy powiązać z funkcją aktualizującą pozycje węzłów i krawędzi.

Listing 6.7. Funkcja dla układu opartego na siłach

```
function forceDirected() {
  queue()
    .defer(d3.csv, "nodelist.csv")
    .defer(d3.csv, "edgelist.csv")
    .await(function(error, file1, file2) {
      createForceLayout(file1, file2);
    });

  function createForceLayout(nodes,edges) {
    var nodeHash = {};
    for (x in nodes) {
      nodeHash[nodes[x].id] = nodes[x];
    };
    for (x in edges) {
      edges[x].weight = parseInt(edges[x].weight);
      edges[x].source = nodeHash[edges[x].source];
      edges[x].target = nodeHash[edges[x].target];
    };

    var weightScale = d3.scale.linear()
      .domain(d3.extent(edges, function(d) {return d.weight;}))
      .range([.1,1]);

    var force = d3.layout.force().charge(-1000)
      .size([500,500])
      .nodes(nodes)
      .links(edges)
      .on("tick", forceTick);

  d3.select("svg").selectAll("line.link")
    .data(edges, function (d) {return d.source.id + "-" + d.target.id;})
    .enter()
    .append("line")
    .attr("class", "link")
    .style("stroke", "black")
    .style("opacity", .5)
    .style("stroke-width", function(d) {return d.weight});
```

Określa, jak bardzo węzły się odpychają. Wartość dodatnia oznacza przyciąganie

Zdarzenia "tick" są zgłaszane cały czas i powodują wywoływanie powiązanej funkcji

Klucze węzłów i krawędzi pomagają w późniejszym aktualizowaniu sieci

```
  var nodeEnter = d3.select("svg").selectAll("g.node")
    .data(nodes, function (d) {return d.id})
    .enter()
    .append("g")
    .attr("class", "node");

  nodeEnter.append("circle")
    .attr("r", 5)
    .style("fill", "lightgray")
    .style("stroke", "black")
    .style("stroke-width", "1px");

  nodeEnter.append("text")
    .style("text-anchor", "middle")
    .attr("y", 15)
    .text(function(d) {return d.id;});

  force.start();

  function forceTick() {
    d3.selectAll("line.link")
      .attr("x1", function (d) {return d.source.x;})
      .attr("x2", function (d) {return d.target.x;})
      .attr("y1", function (d) {return d.source.y;})
      .attr("y2", function (d) {return d.target.y;});

    d3.selectAll("g.node")
      .attr("transform", function (d) {
        return "translate("+d.x+","+d.y+")";
      })
    };
  };
};
```

Zainicjowanie sieci prowadzi do zgłaszania zdarzeń "tick" i obliczania centralności węzłów

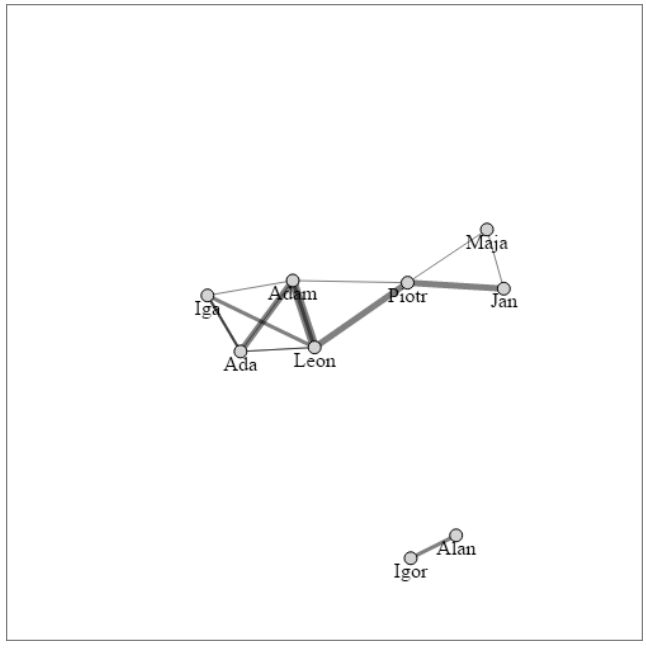
Funkcja forceTick aktualizuje rysujący krawędzie i węzły kod na podstawie nowo obliczonych pozycji węzłów

Animowanego charakteru układu opartego na siłach nie da się pokazać w książce. Jednak na rysunku 6.8 widoczna jest struktura sieci, trudniejsza do przedstawienia w macierzach sąsiedztwa i diagramach łukowych. Od razu widać tu, że cztery węzły (Adama, Leona, Igi i Ady) są powiązane ze sobą i tworzą tak zwaną *klikę*. Trzy inne węzły (reprezentujące Jana, Piotra i Maję) są bardziej peryferyjne. Dwa węzły widoczne po prawej stronie (Igora i Alana) są połączone tylko ze sobą. Jedynym powodem, dla którego te dwa węzły są widoczne na ekranie, jest siła grawitacji z układu przyciągająca niepowiązane elementy do środka wykresu.

Grubość linii odpowiada sile powiązań. Choć jednak pokazana jest siła krawędzi, w układzie nie są widoczne kierunki. Można stwierdzić, że sieć jest skierowana, ponieważ rysowane krawędzie są półprzezroczyste. Dzięki temu widać, że dwie krawędzie o różnych wagach się pokrywają. Potrzebna jest metoda pokazująca kierunek krawędzi. Można to zrobić dzięki przekształceniu linii w strzałki za pomocą znaczników SVG.

6.2.2. Znaczniki SVG

Czasem potrzebny jest symbol (na przykład grot strzałki) na rysowanej linii lub ścieżce. Wymaga to zdefiniowania znacznika w elemencie `svg:defs` i powiązania go z elementem, na którym symbol ma zostać narysowany. Znaczniki można definiować statycz-



Rysunek 6.8. Układ oparty na siłach dla używanego zbioru danych. W grafice zastosowano ustawienia domyślne z układu opartego na siłach (http://bl.ocks.org/emeeks/040c4eb87d36de3c87d3)

nie w HTML-u lub generować dynamicznie podobnie jak inne elementy SVG, tak jak w kodzie na listingu 6.8. Znacznikiem może być dowolny kształt SVG. Tu używana jest ścieżka, ponieważ pozwala narysować grot strzałki. Znacznik można umieścić na początku, na końcu lub pośrodku linii. Dostępne ustawienia pozwalają określić kierunek symbolu względem nadrzędnego elementu.

Listing 6.8. Definicja i zastosowanie znacznika

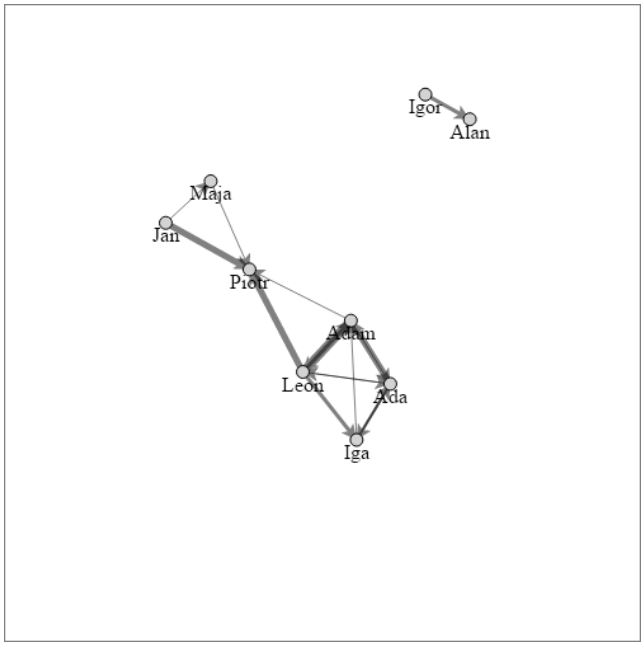
```
var marker = d3.select("svg").append('defs')
  .append('marker')
  .attr("id", "Triangle")
  .attr("refX", 12)
  .attr("refY", 6)
  .attr("markerUnits", 'userSpaceOnUse')
  .attr("markerWidth", 12)
  .attr("markerHeight", 18)
  .attr("orient", 'auto')
  .append('path')
  .attr("d", 'M 0 0 12 6 0 12 3 6');

d3.selectAll("line").attr("marker-end", "url(#Triangle)");
```

Domyślne ustawienia znacznika powodują określenie jego wielkości na podstawie atrybutu stroke-width elementu nadrzędnego. W tej sytuacji doprowadziłoby to do powstania nieczytelnych znaczników

Znacznik jest przypisywany do linii w wyniku powiązania go z atrybutem marker-end, marker-start lub marker-mid

Dzięki zdefiniowanym na listingu 6.8 znacznikom można lepiej zrozumieć sieć (zobacz rysunek 6.9). Widać, w jaki sposób węzły są ze sobą powiązane. Można też zobaczyć, między którymi węzłami występują wzajemne powiązania (krawędzie w obu kierunkach). Wzajemność jest tu istotna, ponieważ występuje duża różnica między osobami lubiącymi tweety Kate Perry a użytkownikami, których wpisy polubiła Kate Perry (obecnie jest to użytkowniczka Twittera obserwowana przez największą liczbę ludzi).

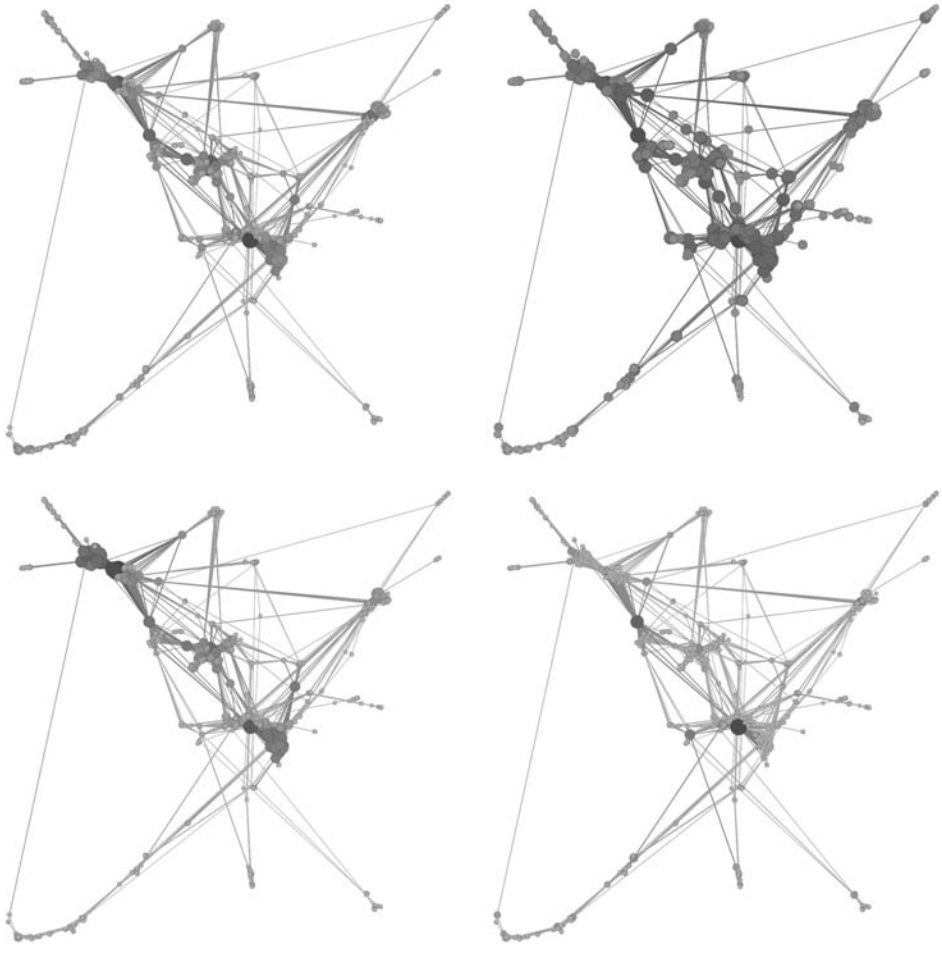
Kierunek krawędzi ma znaczenie, przy czym można przedstawiać go na różne sposoby, na przykład za pomocą zakrzywionych linii lub krawędzi rozszerzających się na jednym końcu. Aby uzyskać taki efekt, należy tworzyć krawędzie za pomocą elementu `<path>` zamiast `<line>`, tak jak w diagramach Sankeya lub diagramach łukowych.



Rysunek 6.9. Teraz przy krawędziach widoczne są znaczniki (groty strzałek), określające kierunek powiązań. Zwróć uwagę, że wszystkie groty mają tę samą wielkość

Jeśli uruchomiłeś przedstawiony kod, sieć prawdopodobnie wyglądała nieco inaczej niż na rysunku 6.9. Wynika to z tego, że wizualizacje sieci utworzone za pomocą układu opartego na siłach powstają na podstawie wzajemnych oddziaływań sił. Nawet w tak małej sieci oddziaływania mogą prowadzić do różnych lokalizacji węzłów. Może to spowodować, że użytkownicy mylnie uznają, iż różne wykresy oznaczają różne sieci. Jednym z rozwiązań jest wygenerowanie sieci za pomocą układu opartego na siłach i utrwalenie go w celu utworzenia bazowej mapy sieci. Potem można wprowadzać zmiany graficzne w utrwalonej sieci. Pojęcie mapy bazowej pochodzi z geografii. W dziedzinie wizualizowania sieci dotyczy stosowania tego samego układu z węzłami i krawędziami w różnych rozmiarach lub kolorach. Dzięki temu użytkownicy mogą zidentyfikować obszary sieci znacząco różniące się od innych według różnych miar. Wykorzystanie mapy bazowej pokazano na rysunku 6.10, ilustrującym, że jedną sieć można interpretować na wiele sposobów.

Układ oparty na siłach ma dodatkową zaletę, ponieważ pokazuje ogólną strukturę sieci. W zależności od wielkości i złożoności sieci może to wystarczać. Niemniej jednak dla niektórych danych o sieciach trzeba wyświetlić także inne miary.



Rysunek 6.10. Ta sama sieć mierzona na podstawie centralności stopniowej (ang. degree centrality; lewy górny rysunek), centralności bliskości (ang. closeness centrality; prawy górny rysunek), centralności wektora własnego (ang. eigenvector centrality; lewy dolny rysunek) i centralności pośredniej (ang. betweenness centrality; prawy dolny rysunek). Bardziej centralne węzły są większe i jasnoczerwone. Mniej centralne węzły są mniejsze i szare. Zauważ, że choć według wszystkich miar centralne są te same węzły, ich względny poziom centralności się zmienia, podobnie jak centralność innych węzłów

Pojęcie z obszaru wizualizowania informacji — kula włosów (ang. hairball)

Wizualizacje sieci są efektowne, bywają jednak tak skomplikowane, że stają się nieczytelne. Dlatego zetkniesz się z krytyką tak gęstych wizualizacji sieci i z zarzutem, że diagram jest niezrozumiały. Takie wizualizacje czasem można nazwać *kulą włosów*, ponieważ wiele krawędzi nachodzi na siebie, przez co wykres przypomina gąszcz nieuporządkowanych włosów.

Jeśli uważasz, że układ oparty na siłach jest nieczytelny, możesz połączyć go z inną wizualizacją, na przykład z macierzą sąsiedztwa, i wyróżniać elementy na obu wykresach, gdy użytkownik z nich korzysta. Techniki łączenia wizualizacji w ten sposób przedstawia rozdział 11.

6.2.3. Miary sieci

Badania nad sieciami trwają od dawna — przynajmniej od kilkudziesięciu lat, a jeśli uwzględnić matematyczną teorię grafów, od wieków. Dlatego w trakcie pracy z sieciami dostępne są różne pojęcia i miary. Tu przedstawiony jest tylko krótki ich przegląd. Jeśli chcesz dowiedzieć się więcej o sieciach, zapoznaj się ze znakomitym wprowadzeniem do sieci i ich analizy, opracowanym przez S. Weingarta, I. Milligana i S. Grahama (*http://www.themacroscope.org/?page_id=337*).

WAGA KRAWĘDZI

Zauważ, że w zbiorze danych dla każdej krawędzi dostępna jest wartość w kolumnie `weight`. Reprezentuje ona siłę połączenia dwóch węzłów. W przykładzie przyjęto, że im więcej polubień, tym silniejsze powiązanie między użytkownikami Twittera. Wyższe wagi przekładają się na szersze linie. Ponadto siły mogą wpływać na działanie układu opartego na siłach, co opisano dalej.

CENTRALNOŚĆ

Sieci reprezentują systemy. Jedną z istotnych rzeczy, jakie warto wiedzieć o węzłach systemu, jest to, które z nich są ważniejsze od innych. Określa to *centralność*. Węzły centralne są uważane za ważniejsze lub mające większy wpływ. Istnieje wiele różnych miar centralności. Kilka z nich pokazano na rysunku 6.10. Poszczególne miary bardziej precyzyjnie określają centralność w sieciach różnego typu. Jedna z miar centralności, centralność stopniowa, jest używana przez układ `force()` biblioteki D3.

CENTRALNOŚĆ STOPNIOWA

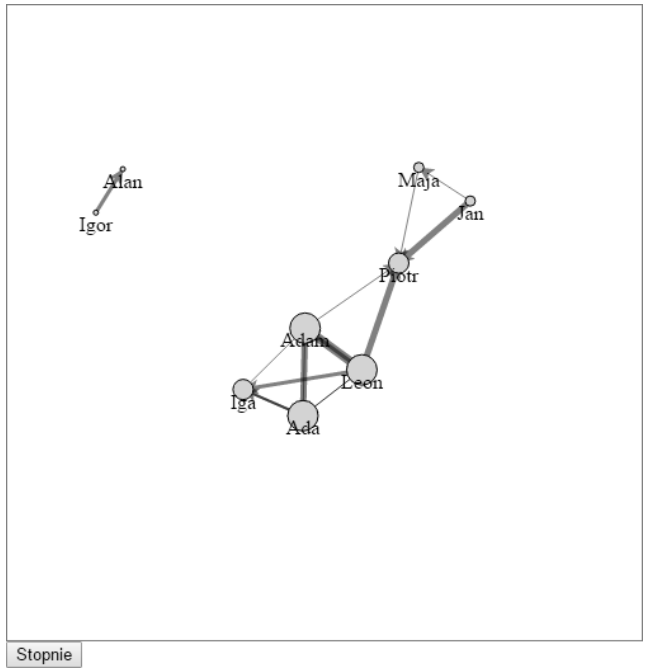
Centralność stopniowa (inna nazwa — centralność stopnia relacji) to łączna liczba krawędzi powiązanych z węzłem. W przykładowych danych centralność stopniowa dla Adama jest równa 6, ponieważ węzeł tej osoby jest wierzchołkiem źródłowym lub docelowym dla sześciu krawędzi. Centralność stopniowa to ogólna miara znaczenia węzła w sieci, gdyż przyjmuje się, że osoby lub obiekty o większej liczbie powiązań są ważniejsze lub mają większy wpływ. Centralność stopniowa z wagami służy do określania łącznej wartości krawędzi węzła. Dla Adama wartość tej miary to 18. Ponadto można uwzględniać *stopnie wejściowe* (ang. *in degree*) i *stopnie wyjściowe* (ang. *out degree*), służące do odróżniania krawędzi przychodzących od krawędzi wychodzących. Dla Adama wartości te wynoszą, odpowiednio, 4 i 2.

Przy każdym uruchomieniu układu `force()` biblioteka D3 określa łączną liczbę krawędzi węzła i na bazie tego aktualizuje jego atrybut `weight`. Dalej pokazano, jak na tej podstawie można wpływać na działanie układu opartego na siłach. Na razie dodaj przycisk, który pozwala zmienić wielkość węzłów z wykorzystaniem wartości atrybutu `weight`:

```
d3.select("#controls").append("button")
  .on("click", sizeByDegree).html("Stopnie");

function sizeByDegree() {
  force.stop();
```

```
  d3.selectAll("circle")
    .attr("r", function(d) {return d.weight * 2;});
};
```

Rysunek 6.11 ilustruje wartość centralności stopniowej. Choć w małej sieci można zobaczyć i łatwo policzyć krawędzie oraz węzły, możliwość szybkiego znalezienia węzłów o największej i najmniejszej liczbie powiązań jest bardzo przydatna. Zauważ, że liczone są tu krawędzie biegnące w obu kierunkach. Dlatego, choć Leon jest powiązany z większą liczbą osób, jego węzeł jest tej samej wielkości co węzły Adama i Ady, mających tyle samo połączeń, ale z mniejszą liczbą użytkowników.



Rysunek 6.11. Wielkość węzłów jest określana na podstawie wag (łącznej liczby krawędzi). Promień koła jest ustawiany na wagę razy dwa

SKUPIENIA I MODULARNOŚĆ

Jednym z najważniejszych aspektów dotyczących sieci jest to, czy występują w niej społeczności i jak wyglądają. Aby to ustalić, należy zbadać, czy grupy węzłów są powiązane ze sobą w większym stopniu niż z resztą sieci (określa to *modularność*). Można też sprawdzić, czy węzły są wzajemnie powiązane (dotyczy tego *analiza skupień*). W pomiarach z tego obszaru są też uwzględniane wspomniane wcześniej kliki. *Klika* to grupa w pełni powiązanych ze sobą węzłów.

Zauważ, że wzajemne powiązania i struktura społeczności powinny być widoczne w układzie opartym na siłach. Wykres pokazuje, że skupienie obejmuje czterech mocno powiązanych użytkowników, a pozostałe osoby są oddalone. Jeśli wolisz dokonać innych pomiarów sieci i wykryć występujące w niej struktury, zapoznaj się z algorytmem wykrywania społeczności opracowanym przez Davida Mimno za pomocą biblioteki

D3 (*http://mimno.infosci.cornell.edu/community/*). Ten algorytm działa w przeglądarce i można go stosunkowo łatwo zintegrować z daną siecią, aby pokolorować ją na podstawie przynależności węzłów do społeczności.

6.2.4. Ustawienia układu opartego na siłach

Po zainicjowaniu układu opartego na siłach początkowo ustawienie `charge` miało wartość `-1000`. To ustawienie (a także kilka innych) zapewnia większą kontrolę nad działaniem układu.

USTAWIENIE CHARGE

Ustawienie `charge` określa szybkość, z jaką węzły są odpychane od siebie. Jeśli nie ustawisz tej wartości, użyte zostanie ustawienie domyślne `-30`. Powód użycia wartości `-1000` jest taki, że przy ustawieniu domyślnym sieć na ekranie będzie bardzo mała (rysunek 6.12).

Rysunek 6.12. Układ sieci przy domyślnym ustawieniu charge. Węzły są skupione zbyt blisko siebie, by były czytelne

Oprócz podania stałej wartości ustawienia `charge` można użyć funkcji akcesora i zmieniać tę wartość na podstawie atrybutów węzła. Możesz na przykład uzależnić ustawienie `charge` od wagi (centralności stopniowej), tak by węzły o wielu krawędziach bardziej odpychały od siebie inne węzły i miały dzięki temu więcej miejsca na wykresie.

Ujemne wartości ustawienia `charge` w układzie opartym na siłach oznaczają odpychanie. Możesz też podać wartość dodatnią, jeśli chcesz, by węzły były przyciągane do siebie. W wizualizacjach typowych sieci prawdopodobnie spowoduje to problemy, może jednak okazać się przydatne w bardziej skomplikowanych diagramach.

GRAWITACJA

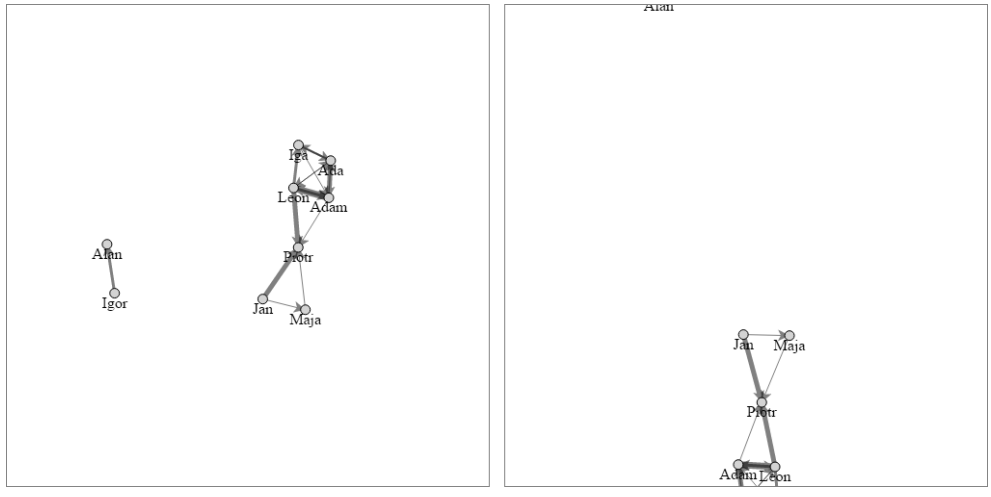
Gdy węzły się odpychają, jedyną siłą zapobiegającą ich wyjściu poza wykres jest *grawitacja płótna*. Przyciąga ona wszystkie węzły do środka układu. Gdy grawitacja nie jest ustawiona, domyślnie ma wartość 0, 1. Rysunek 6.13 pokazuje efekt zwiększenia lub zmniejszenia grawitacji (przy ustawieniu `charge(-1000)`).

Grawitacja, w odróżnieniu od ustawienia `charge`, nie pozwala stosować funkcji akcesora, dlatego trzeba podać stałą wartość.

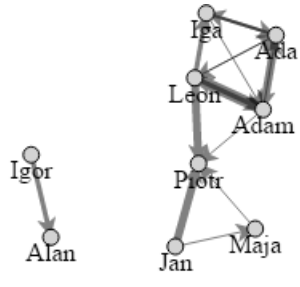
WŁAŚCIWOŚĆ LINKDISTANCE

Przyciąganie się między węzłami zależy od wartości właściwości `linkDistance`. Określa ona optymalną odległość między połączonymi węzłami. Jedną z przyczyn, dla których trzeba było ustalić tak wysoką wartość ustawienia `charge`, jest to, że właściwość `linkDistance` domyślnie ma wartość 20. Po jej ustawieniu na 50 można zmniejszyć wartość ustawienia `charge` na –100. Efekt widoczny jest na rysunku 6.14.

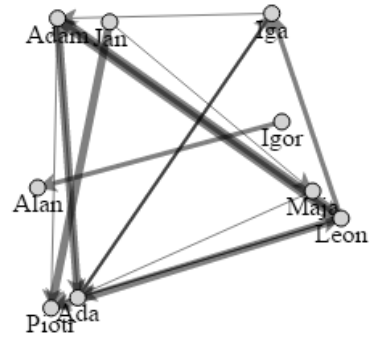
Zbyt wysoka wartość parametru `linkDistance` powoduje, że sieć staje się za bardzo ściśnięta. Wskazują na to wyraźnie widoczne trójkąty w wizualizacji sieci. Rysunek 6.15 pokazuje sieć ściśniętą z powodu ustawienia dla właściwości `linkDistance` wartości 200.



Rysunek 6.13. Zwiększenie grawitacji do 0,2 (po lewej) powoduje zbliżenie dwóch komponentów do środka układu. Zmniejszenie grawitacji do 0,05 (po prawej) sprawia, że mały komponent wychodzi poza ekran



Rysunek 6.14. Dzięki dostosowaniu właściwości linkDistance sieć staje się dużo bardziej czytelna



Rysunek 6.15. Zniekształcenie wynikające z wysokiej wartości właściwości linkDistance powoduje, że wykres wygląda tak, jakby Piotr był połączony z Adą. Ponadto niepowiązane ze sobą węzły znajdują się teraz w jednym skupieniu

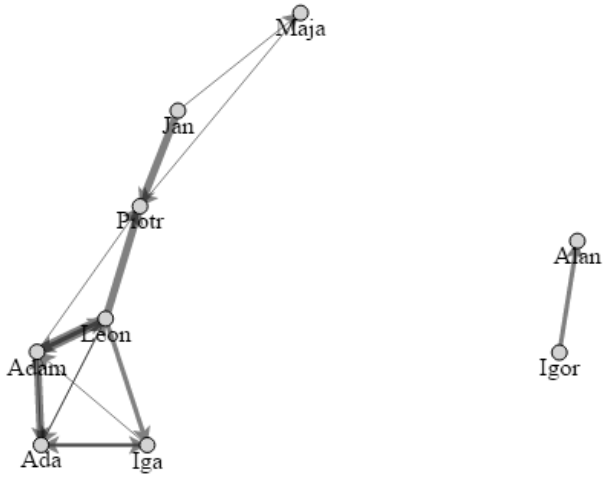
Właściwości `linkDistance` można przypisać funkcję zwracającą wartość na podstawie wag krawędzi. Pozwala to zmniejszać i zwiększać odległości dla wyższych lub niższych wag. Jednak aby uzyskać taki efekt, lepiej jest posłużyć się ustawieniem `linkStrength`.

USTAWIENIE LINKSTRENGTH

Układ oparty na siłach to symulacja fizyczna, prowadząca do ułożenia sieci w optymalnej graficznej postaci. Jeśli w sieci występują silniejsze i słabsze powiązania, dobrym pomysłem jest wywieranie przez nie większego i mniejszego wpływu na węzły. Aby uzyskać taki efekt, zastosuj ustawienie `linkStrength`. Przyjmuje ono stałą wartość lub funkcję akcesora określającą siłę krawędzi na podstawie atrybutów:

```
force.linkStrength(function (d) {return weightScale(d.weight);});
```

Rysunek 6.16 wyraźnie uwidacznia skutki tego ustawienia. Widać tu, że niektóre połączenia są słabe.



Rysunek 6.16. Uzależnienie siły przyciągania od siły powiązań między węzłami radykalnie zmienia strukturę sieci. Słabsze powiązania między Janem i Mają sprawiają, że obejmująca ich część sieci jest oddalona od reszty węzłów

6.2.5. Aktualizowanie sieci

Gdy tworzysz sieć, chcesz umożliwić użytkownikom dodawanie i usuwanie jej węzłów oraz ich przenoszenie. Możliwe też, że chcesz mieć możliwość dynamicznego dostosowywania ustawień zamiast zmieniania ich tylko podczas tworzenia układu.

ZATRZYMYWANIE I PONOWNE URUCHAMIANIE UKŁADU

Układ oparty na siłach w pewnym momencie zwalnia, a ostatecznie zatrzymuje się, gdy sieć ma odpowiedni wygląd i węzły nie są już przenoszone w nowe miejsca. Jeśli chcesz ponownie zobaczyć animację po zatrzymaniu układu, musisz jeszcze raz go uruchomić. Ponadto w celu wprowadzenia zmian w ustawieniach albo dodania lub usunięcia fragmentów sieci trzeba zatrzymać układ, a następnie ponownie go uruchomić.

INSTRUKCJA FORCE.STOP()

Za pomocą instrukcji `force.stop()` możesz wyłączyć interaktywne działanie układu. Powoduje to zatrzymanie symulacji. Układ warto zatrzymać, gdy w innym miejscu strony zachodzą interakcje z komponentami lub gdy trzeba zmienić wygląd sieci.

INSTRUKCJA FORCE.START()

Aby rozpocząć lub ponownie uruchomić animację dla układu, wywołaj instrukcję `force.start()`. Zetknąłeś się już z tym poleceniem, ponieważ we wcześniejszym przykładzie posłużyło do uruchomienia układu opartego na siłach.

INSTRUKCJA FORCE.RESUME()

Jeśli nie wprowadziłeś żadnych zmian w węzłach ani krawędziach sieci, a chcesz ponownie zacząć animację, wywołaj instrukcję `force.resume()`. Zeruje ona parametr powodujący zatrzymanie animacji, dzięki czemu elementy układu znów zaczynają się poruszać.

INSTRUKCJA FORCE.TICK()

Jeżeli chcesz przesunąć układ o jeden krok do przodu, wywołaj polecenie `force.tick()`. Układ oparty na siłach zużywa czasem dużo zasobów. Możliwe, że chcesz uruchomić go tylko na kilka sekund, zamiast wykonywać cały czas.

OPERACJA FORCE.DRAG()

W tradycyjnych programach do analizowania sieci użytkownik może przenosić węzły na nowe pozycje. Służy do tego operacja `force.drag()`. Operacje przypominają komponenty, ponieważ też są wywoływane dla elementu za pomocą instrukcji `.call()`, ale zamiast tworzyć elementy SVG, generują zestaw odbiorników zdarzeń.

Operacja `force.drag()` tworzy odbiorniki zdarzeń związane z przeciąganiem. Umożliwia to użytkownikom kliknięcie i przeciągnięcie węzłów w trakcie działania układu opartego na siłach. Aby włączyć obsługę przeciągania dla wszystkich węzłów, wybierz je i wywołaj dla selekcji operację `force.drag()`:

```
d3.selectAll(„g.node").call(force.drag());
```

ATRYBUT FIXED

Gdy układ oparty na siłach jest powiązany z węzłami, każdy węzeł ma atrybut logiczny `fixed`, określający, czy węzeł podlega siłom w każdym kroku generowania wykresu. Skuteczna interaktywna technika polega na ustawieniu węzłów jako stałych, gdy użytkownik wchodzi z nimi w interakcje. To pozwala użytkownikom przeciągać węzły na nowe pozycje na płótnie i w ten sposób wizualnie uporządkować ważne węzły. W celu odróżnienia stałych węzłów od pozostałych można za pomocą funkcji ustawić dla tych pierwszych większą wartość właściwości `"stroke-width"`. Efekt przeciągnięcia kilku węzłów pokazuje rysunek 6.17.

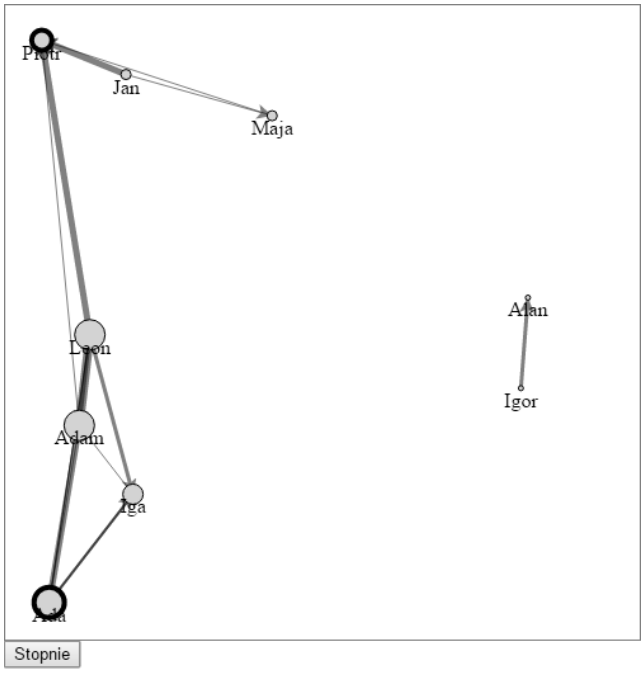
```
d3.selectAll("g.site").on("click", fixNode);

function fixNode(d) {
  d3.select(this).select("circle").style("stroke-width", 4);
  d.fixed = true;
};
```

6.2.6. Usuwanie i dodawanie węzłów oraz krawędzi

Możliwe, że chcesz przefiltrować sieć albo pozwolić użytkownikom na dodawanie lub usuwanie węzłów. Aby przefiltrować sieć, musisz zatrzymać układ (instrukcja `stop()`), usunąć niepotrzebne węzły i krawędzie, ponownie powiązać tablice z układem opartym na siłach i uruchomić układ (instrukcja `start()`).

Można w tym celu zastosować filtr do tablicy węzłów. Załóżmy, że chcesz wyświetlić sieć z osobami obserwowanymi przez ponad 20 użytkowników, aby zobaczyć powiązania między najbardziej wpływowymi ludźmi.

To jednak nie wystarczy, ponieważ w układzie pozostaną krawędzie prowadzące do nieistniejących w nim węzłów. Potrzebny jest też bardziej skomplikowany filtr dla tablicy krawędzi. Zastosowanie funkcji `.indexOf` do tablicy pozwala łatwo przefiltrować krawędzie. Wystarczy sprawdzić, czy przefiltrowana tablica węzłów zawiera zarówno



Rysunek 6.17. Węzeł reprezentujący Adę został przeciągnięty w lewy dolny róg i utrwalony na tej pozycji. Węzeł reprezentujący Piotra przeniesiono w lewy górny róg i też utrwalono. Pozostałe, nieutrwalone węzły przyjęły pozycje na podstawie układu opartego na siłach

źródłowy, jak i docelowy wierzchołek. Ponieważ przy wiązaniu tablic z selekcją na listingu 6.8 zastosowano klucze, można wywołać operację `selection.exit()` i łatwo zaktualizować sieć. Potrzebny kod jest przedstawiony na listingu 6.9, a efekty jego działania ilustruje rysunek 6.18.

Listing 6.9. Filtrowanie sieci

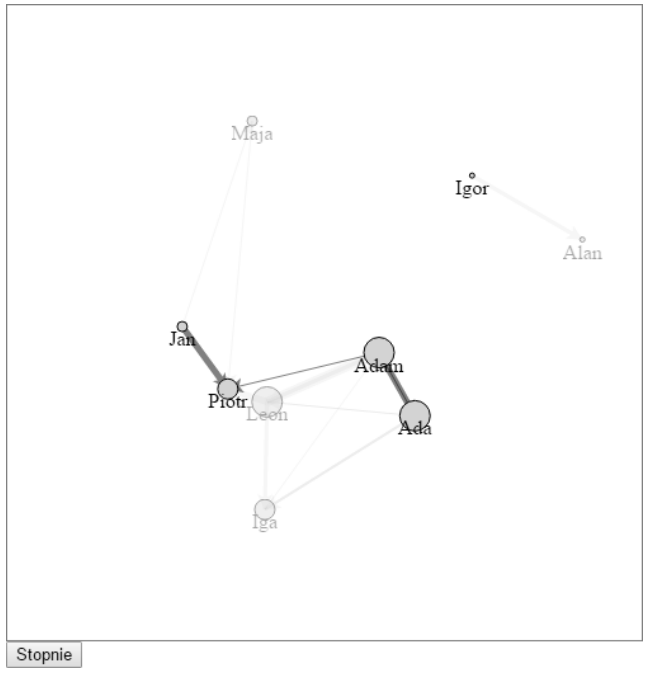
```
function filterNetwork() {
  force.stop();
  var originalNodes = force.nodes();
  var originalLinks = force.links();
  var influentialNodes = originalNodes.filter(function (d) {
    return d.followers > 20;
  });

  var influentialLinks = originalLinks.filter(function (d) {
    return influentialNodes.indexOf(d.source) > -1 &&
      influentialNodes.indexOf(d.target) > -1;
  });

  d3.selectAll("g.node")
    .data(influentialNodes, function (d) {return d.id})
    .exit()
    .transition()
    .duration(4000)
    .style("opacity", 0)
    .remove();
```

Pobiera obecne wersje tablic węzłów i krawędzi powiązanych z układem opartym na siłach

Tworzy tablicę krawędzi powiązanych z istniejącymi węzłami

```
  d3.selectAll("line.link")
    .data(influentialLinks, function (d) {
      return d.source.id + "-" + d.target.id;
    })
    .exit()
    .transition()
    .duration(3000)
    .style("opacity", 0)
    .remove();

    force
      .nodes(influentialNodes)
      .links(influentialLinks);

    force.start();
};
```

Dodanie przejścia do operacji .exit() powoduje zastosowanie go tylko do usuwanych węzłów. Usuwanie odbywa się dopiero po zakończeniu przejścia



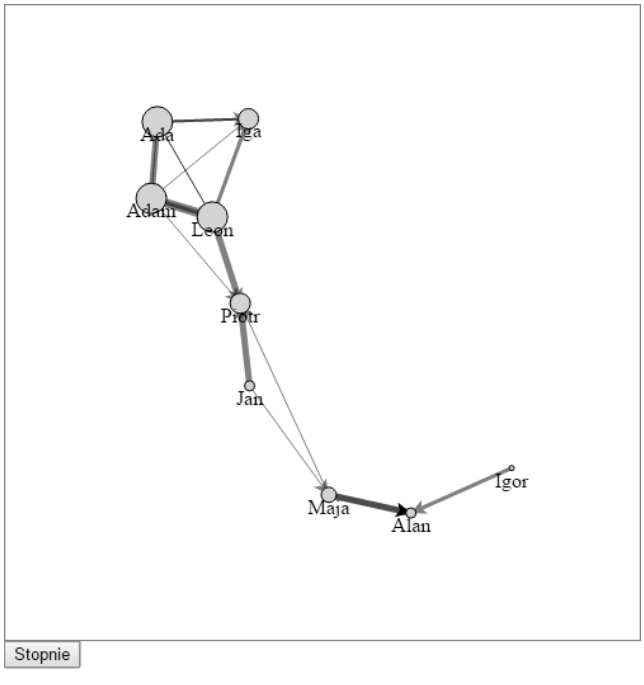
Rysunek 6.18. Przefiltrowana sieć obejmuje tylko węzły osób obserwowanych przez ponad 20 użytkowników. Filtrowanie jest uruchamiane przez przycisk Stopnie. Zauważ, że Igor nie ma żadnych powiązań (stopień 0), dlatego odpowiadające mu koło ma promień 0 i jest niewidoczne. Na zrzucie uchwycono dwa procesy — przechodzenie węzłów od zerowej do pełnej przezroczystości i usuwanie krawędzi

Ponieważ algorytm oparty na siłach jest po filtrowaniu ponownie uruchamiany, możesz zobaczyć, jak usunięcie tak wielu węzłów wpływa na kształt sieci. Animacja jest tu ważna, ponieważ ujawnia zmiany w strukturze sieci.

Dodawanie węzłów i krawędzi do sieci jest łatwe — o ile dane są właściwie sformatowane. Należy zatrzymać oparty na siłach układ, dodać odpowiednio sformatowane węzły lub krawędzie do tablic i ponownie powiązać dane. Jeśli na przykład chcesz dodać krawędź między Mają i Alanem (pokazaną na rysunku 6.19), musisz zatrzymać układ w opisany wcześniej sposób, utworzyć nowy punkt danych reprezentujący krawędź i dodać go do tablicy krawędzi. Następnie należy ponownie powiązać dane, dodać nową linię reprezentującą krawędź i jeszcze raz uruchomić układ. Przedstawia to listing 6.10.

Listing 6.10. Funkcja służąca do dodawania krawędzi

```
function addEdge() {
  force.stop();
  var oldEdges = force.links();
  var nodes = force.nodes();
  newEdge = {source: nodes[0], target: nodes[8], weight: 5};
  oldEdges.push(newEdge);
  force.links(oldEdges);
  d3.select("svg").selectAll("line.link")
    .data(oldEdges, function(d) {
      return d.source.id + "-" + d.target.id;
    })
    .enter()
    .insert("line", "g.node")
    .attr("class", "link")
    .style("stroke", "red")
    .style("stroke-width", 5)
    .attr("marker-end", "url(#Triangle)");

  force.start();
};
```



Rysunek 6.19. Sieć z nową krawędzią. Zauważ, że ponieważ ponownie zainicjowano układ, wagi dla węzła reprezentującego Alana zostały poprawnie przeliczone

Jeśli chcesz dodać nowe węzły pokazane na rysunku 6.20, warto, żebyś od razu utworzył nowe krawędzie. Nie jest to konieczne, ale w przeciwnym razie węzły będą krążyć po ekranie i nie zostaną połączone z obecną siecią. Potrzebny kod pokazano na listingu 6.11.

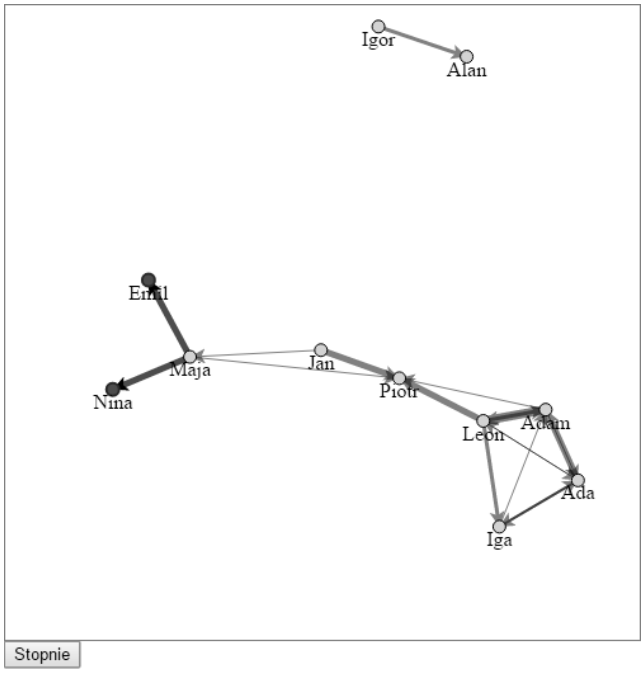
Listing 6.11. Funkcja do dodawania węzłów i krawędzi

```
function addNodesAndEdges() {
  force.stop();
  var oldEdges = force.links();
  var oldNodes = force.nodes();
  var newNode1 = {id: "raj", followers: 100, following: 67};
  var newNode2 = {id: "wu", followers: 50, following: 33};
  var newEdge1 = {source: oldNodes[0], target: newNode1, weight: 5};
  var newEdge2 = {source: oldNodes[0], target: newNode2, weight: 5};
  oldEdges.push(newEdge1,newEdge2);
  oldNodes.push(newNode1,newNode2);
  force.links(oldEdges).nodes(oldNodes);
  d3.select("svg").selectAll("line.link")
    .data(oldEdges, function(d) {
      return d.source.id + "-" + d.target.id
    })
    .enter()
    .insert("line", "g.node")
    .attr("class", "link")
    .style("stroke", "red")
    .style("stroke-width", 5)
    .attr("marker-end", "url(#Triangle)");

  var nodeEnter = d3.select("svg").selectAll("g.node")
    .data(oldNodes, function (d) {
      return d.id
    }).enter()
    .append("g")
    .attr("class", "node")
    .call(force.drag());

  nodeEnter.append("circle")
    .attr("r", 5)
    .style("fill", "red")
    .style("stroke", "darkred")
    .style("stroke-width", "2px");

  nodeEnter.append("text")
    .style("text-anchor", "middle")
    .attr("y", 15)
    .text(function(d) {return d.id;});

  force.start();
};
```

6.2.7. Ręczne określanie pozycji węzłów

Układ oparty na siłach nie przenosi elementów. Zamiast tego oblicza ich pozycje na podstawie atrybutów x i y oraz relacji między elementami. W każdym kroku te atrybuty są aktualizowane. Funkcja generująca kroki wybiera elementy `<line>` i `<g>` oraz przenosi je zgodnie z nowymi wartościami x i y.

Gdy chcesz ręcznie przenosić elementy, możesz to zrobić w standardowy sposób. Najpierw jednak zatrzymaj pracę układu, by funkcja generująca kroki nie zmieniła ustawionych przez Ciebie pozycji elementów. Rozmieść węzły tak jak na wykresie



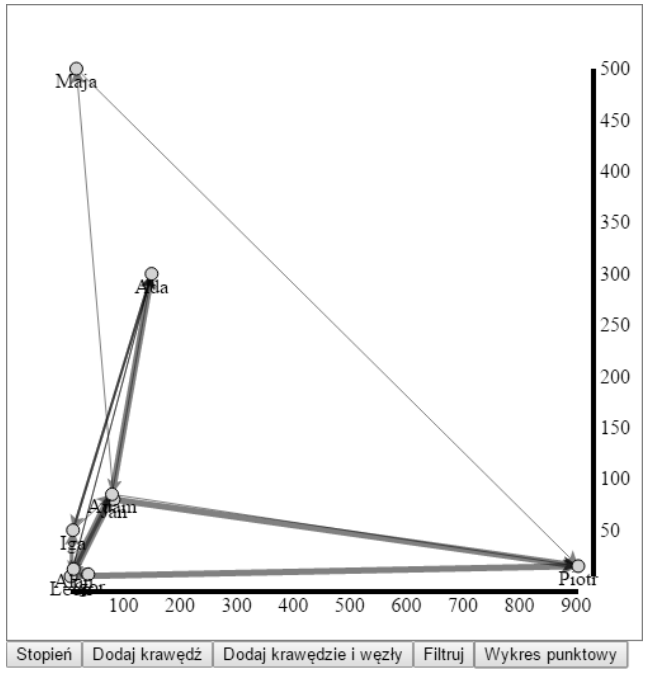
Rysunek 6.20. Sieć z dwoma nowymi węzłami (reprezentującymi Emila i Ninę) powiązanymi z węzłem reprezentującym Maję

punktowym. Uwzględnij liczbę obserwujących i obserwowanych użytkowników. Warto też dodać osie, by zwiększyć czytelność wykresu. Potrzebny kod pokazano na listingu 6.12, a efekty jego uruchomienia — na rysunku 6.21.

Listing 6.12. Ręczne przenoszenie węzłów

```
function manuallyPositionNodes() {
  var xExtent = d3.extent(force.nodes(), function(d) {
    return parseInt(d.followers)
  });
  var yExtent = d3.extent(force.nodes(), function(d) {
    return parseInt(d.following)
  });
  var xScale = d3.scale.linear().domain(xExtent).range([50,450]);
  var yScale = d3.scale.linear().domain(yExtent).range([450,50]);

  force.stop();
  d3.selectAll("g.node")
    .transition()
    .duration(1000)
    .attr("transform", function(d) {
      return "translate("+ xScale(d.followers)
        +","+yScale(d.following) +")";
    });

  d3.selectAll("line.link")
    .transition()
    .duration(1000)
    .attr("x1", function(d) {return xScale(d.source.followers);})
```

```
    .attr("y1", function(d) {return yScale(d.source.following);})
    .attr("x2", function(d) {return xScale(d.target.followers);})
    .attr("y2", function(d) {return yScale(d.target.following);});

  var xAxis = d3.svg.axis().scale(xScale).orient("bottom").tickSize(4);
  var yAxis = d3.svg.axis().scale(yScale).orient("right").tickSize(4);

  d3.select("svg").append("g").attr("transform",
    "translate(0,460)").call(xAxis);
  d3.select("svg").append("g").attr("transform",
    "translate(460,0)").call(yAxis);

  d3.selectAll("g.node").each(function(d){
    d.x = xScale(d.followers);
    d.px = xScale(d.followers);
    d.y = yScale(d.following);
    d.py = yScale(d.following);
  });
};
```



Rysunek 6.21. Gdy sieć jest przedstawiana za pomocą wykresu punktowego, krawędzie powodują wizualny chaos. Ten wykres jest mało czytelny, warto go jednak porównać z układem opartym na siłach (http://bl.ocks.org/emeeks/91e3737e8e6c02cd31f2)

Zauważ, że dla każdego węzła trzeba zaktualizować atrybuty `x` i `y`, a ponadto zmodyfikować atrybuty `px` i `py`. Atrybuty `px` i `py` to współrzędne x i y węzła przed ostatnim krokiem. Jeśli ich nie zaktualizujesz, układ po ponownym uruchomieniu przyjmie, że węzły są przesuwane z bardzo dużą szybkością, dlatego gwałtownie przeniesie je na nową pozycję.

Jeśli nie zaktualizujesz atrybutów `x`, `y`, `px` i `py`, przy następnym uruchomieniu układu węzły przed ich przesunięciem najpierw wrócą na swoje pierwotne pozycje.

W zastosowanym podejściu podczas ponownego uruchomienia układu za pomocą instrukcji `force.start()` węzły i krawędzie w ramach animacji są przenoszone z bieżących pozycji.

6.2.8. Optymalizacja

Układ oparty na siłach wymaga bardzo dużo zasobów. To dlatego spowalnia pracę, a w końcu się zatrzymuje. Jeśli taki układ jest używany dla dużej sieci, może obciążyć komputer użytkownika i sprawić, że sprzęt przestanie reagować. Dlatego pierwszą wskazówką z obszaru optymalizacji jest ograniczanie liczby węzłów w sieci, a także liczby krawędzi. Zgodnie z ogólną regułą nie należy dodawać więcej niż 100 węzłów, chyba że wiesz, iż użytkownicy korzystają z przeglądarek najlepiej radzących sobie z formatem SVG (takich jak Safari i Chrome).

Jeśli jednak musisz uwzględnić większą liczbę węzłów i chcesz ograniczyć obciążenie, możesz wykorzystać instrukcję `force.chargeDistance()` do ustawienia maksymalnej odległości, dla której uwzględniana jest siła odpychania. Im niższe jest to ustawienie, tym mniej ustrukturyzowany będzie układ, ale tym szybciej będzie działał. Ponieważ sieci bardzo różnią się między sobą, musisz poeksperymentować z różnymi wartościami ustawienia `chargeDistance`, by znaleźć optymalny poziom dla przetwarzanej sieci.

6.3. Podsumowanie

W tym rozdziale nauczyłeś się kilku technik wyświetlania danych o sieci i zapoznałeś się szczegółowo z układem opartym na siłach udostępnianym przez bibliotekę D3 na potrzeby takich danych. Nie istnieje jeden sposób wizualnego reprezentowania sieci. Teraz znasz szereg metod oraz ich statyczne, dynamiczne i interaktywne odmiany, którymi możesz się posługiwać. Oto omówione zagadnienia:

- Podstawy terminologii i miar związanych z sieciami (na przykład pojęcia takie jak: krawędź, węzeł, stopień i centralność).
- Formatowanie list węzłów i krawędzi w sposób typowy dla biblioteki D3.
- Budowanie macierzy sąsiedztwa dla skierowanej sieci z wagami i dodawanie interaktywności w celu umożliwienia eksploracji macierzy.
- Tworzenie interaktywnego diagramu łukowego dla skierowanej sieci z wagami.
- Stosowanie prostych technik wyszukiwania krawędzi dla danego węzła.
- Budowanie i modyfikowanie układów opartych na siłach.
- Używanie akcesorów do tworzenia dynamicznych sił.
- Dodawanie interaktywnych mechanizmów zmiany wielkości węzłów na podstawie centralności stopniowej.

Skoncentrowano się tu na wizualizowaniu informacji o sieci, ponieważ współczesny świat jest pełen takich danych. W następnym rozdziale omówiono inną powszechnie spotykaną, ale specyficzną dziedzinę — wizualizowanie danych geograficznych. Tu nauczyłeś się różnych sposobów reprezentowania sieci. W rozdziale 7. poznasz różne techniki generowania map — w postaci kafelków, globusa i tradycyjnych wielokątów opartych na danych.

Skorowidz

E

F

G

H

I

J

K

L

Ł

M

N

O

P

R

S

Ś

T

U

W

Z

D3.js jest biblioteką przeznaczoną do tworzenia zaawansowanych wizualizacji danych w rozmaitych aplikacjach internetowych. Ta solidnie zaprojektowana biblioteka oczywiście umożliwia generowanie wykresów, ale pozwala również na tworzenie map, interaktywnych diagramów, paneli kontrolnych dla danych, raportów i wielu innych animowanych elementów. Zapewnia co najmniej tę samą wydajność co Flash czy aplety Javy, ale jest zintegrowana ze standardami internetowymi i z modelem DOM dla HTML. To nie koniec zalet D3.js — to także świetne narzędzie do dynamicznego aktualizowania bardziej standardowych witryn internetowych.

Niniejsza książka pozwoli Ci na płynne rozpoczęcie pracy z tą biblioteką, dającą fantastyczne możliwości. Nauczysz się, jak tworzyć interaktywną grafikę i aplikacje sterowane danymi. Zaczniesz od zestawu praktycznych przykładów, dostosowanych do różnego rodzaju wykresów, sieci i map. Wykorzystasz przy tym gotowe układy z biblioteki D3.js. Zapoznasz się z praktycznymi technikami projektowania zawartości stron, tworzenia animacji i prezentowania zmieniających się danych. Zobaczysz między innymi, jak tworzyć interaktywną grafikę i wykorzystywać dane przesyłane strumieniowo.

Dzięki tej książce zrozumiesz:

- zasady wizualizacji danych
- techniki wiązania i wczytywania danych oraz tworzenia elementów graficznych na ich podstawie
- metody pracy z grafiką wektorową
- tworzenie elementów służących do wizualizacji danych
- rozbudowane aplikacje wykorzystujące mapy
- sposoby tworzenia kompletnych aplikacji opartych na bibliotece D3.js również dla urządzeń przenośnych

Elijah Meeks — starszy inżynier wizualizacji danych w firmie Netflix. Z biblioteki D3.js korzystał w pracy dla Uniwersytetu Stanforda i znanych firm z całego świata. Był opiekunem technicznym wielu projektów naukowych, takich jak ORBIS (http://orbis.stanford.edu) czy Kindred Britain (http://kindred.stanford.edu).

Jeden obraz mówi więcej niż tysiąc słów. Czy już masz pomysł na wykorzystanie D3.js?

Helion

41045 numer katalogowy

księgarnia internetowa

http://helion.pl

zamówienia telefoniczne

0 801 339900

0 601 339900

Sprawdź najnowsze promocje:
http://helion.pl/promocje
Książki najchętniej czytane:
http://helion.pl/bestsellery
Zamów informacje o nowościach:
http://helion.pl/nowosci

Helion SA
ul. Kościuszki 1c, 44-100 Gliwice
tel.: 32 230 98 63
e-mail: helion@helion.pl
http://helion.pl

ISBN 978-83-283-1823-6

9 788328 318236

Informatyka w najlepszym wydaniu

cena: 69,00 zł