Rozdział 7

Biblioteka modeli MMNET

Tomasz ROGALA

Pakiet MMNET umożliwia definiowanie modeli służących do opisywania i analizowania złożonych dziedzin wiedzy, często niepewnych, niedokładnych i niezupełnych za pomocą grafów reprezentujących dyskretną uproszczoną postać rozpatrywanego zagadnienia. Zgodnie z przyjętymi założeniami systemu MMNET modele te mogą być budowane zarówno jako jedno i wielowarstwowe, a ich poszczególne warstwy mogą być reprezentowane jednym z wybranych typów sieci:

- sieci przekonań, w której metody wnioskowania oparte są na teorii prawdopodobieństwa,
- ogólnej sieci stwierdzeń, gdzie wnioskowanie realizowane jest na podstawie ogólnych praw logiki.

Poszczególne typy sieci wykorzystywane w warstwach modeli są podstawowym elementem, który różnicuje budowane modele pod względem sposobu ich definiowania oraz stosowania. Niniejszy rozdział jest opisem zbioru takich modeli. Szczegóły teoretyczne dotyczące własności poszczególnych rodzajów modeli wielowarstwowych oraz sieci wykorzystywanych w warstwach tych modeli omówiono w raporcie [7.4]. W niniejszym rozdziale opisano natomiast sposób definiowania oraz stosowania różnych modeli, głównie z punktu widzenia użytkownika. Wytyczne poprzedzono opisem poszczególnych typów sieci.

7.1. Model z zastosowaniem sieci przekonań

Zgodnie z przyjętymi założeniami, pakiet MMNET umożliwia budowanie sieci wielowarstwowych składających się z tego samego typu warstw reprezentowanego wybranym typem sieci. Jednym z podstawowych typów modeli jest model, w którym poszczególne warstwy reprezentowane są w postaci sieci przekonań. Sieć przekonań jest dyskretną reprezentacją łącznego rozkładu prawdopodobieństwa reprezentowanego w postaci acyklicznego grafu nieskierowanego, w którym poszczególne wierzchołki reprezentują wybrane zmienne losowe natomiast krawędzie reprezentują asocjacje pomiędzy tymi zmiennymi. Podstawą zwięzłego opisu rozkładu łącznego jest warunkowa niezależność poszczególnych zmiennych losowych od pewnego podzbioru innych zmiennych. Niezależność ta opisana jest strukturą grafu natomiast wartości poszczególnych zmiennych losowych wyznaczane są na podstawie tablic prawdopodobieństw warunkowych przyporządkowanych poszczególnym wierzchołkom. Jak opisano w raporcie [7.4] poszczególne zmienne losowe mogą być reprezentowane w postaci stwierdzeń prostych jak i złożonych.

Analogicznie jak w przypadku innych sieci, definiowanie modelu rozpoczyna się od wybrania tych stwierdzeń prostych i złożonych, które stanowią dziedzinę opisywanego przez model zagadnienia. Dziedzinę opisuje zdefiniowany przez użytkownika tezaurus. Graficznie tę dziedzinę reprezentują węzły poszczególnych warstw. W przypadku definiowania węzłów zawierających stwierdzenia złożone, należy zwrócić szczególną uwagę na konieczność definiowania stanów stwierdzenia złożonego w taki sposób, aby stany stwierdzenia złożonego były wartościami wzajemnie wykluczającymi się, a ich zbiór był zupełny. W przypadku trudności ze zdefiniowaniem zupełnego zbioru stanów stwierdzenia złożonego zbiór ten należy uzupełnić o stan który obejmuje wszystkie pozostałe niewymienione wartości stwierdzenia np. Inne. Po zdefiniowaniu zbioru wszystkich węzłów, należy zdefiniować asocjacje występujące pomiędzy stwierdzeniami.

Po zdefiniowaniu poprawnej struktury sieci użytkownik rozpoczyna definiowanie parametrów w postaci tablic prawdopodobieństw warunkowych, w których definiowane są prawdopodobieństwa warunkowe lub wartości odwzorowujące jego subiektywne stopnie przekonania na temat wybranych zdarzeń. Po zdefiniowaniu kompletu parametrów tablic prawdopodobieństw warunkowych możliwe jest uruchomienie procedury wnioskowania w sieci. Algorytm rozwiązywania sieci przekonań został oparty na algorytmie wyznaczania drzewa złączeń w którym fragment dotyczący wyznaczania triangulacji grafu został oparty na eksperymentalnym algorytmie heurystycznym polegającym na wyznaczaniu jak najmniejszych klik. Algorytm ten został opracowany w ramach pakietu *gRBase* [7.2] natomiast jego pozostałe elementy zostały opracowane również w ramach pakietu *gRain* [7.1]. Szczegóły dotyczące algorytmu budowania drzewa złączeń oraz propagacji stopni przekonania zostały szeroko opisane w bogatej literaturze np. [7.6] i nie będą tutaj przytaczane.

Dodatkowe zadania połączone z rozwiązywaniem sieci przekonań to m.in. zadania związane z:

- inicjacją sieci i zapisem stanu sieci dla domyślnych wartości węzłów w celu ograniczenia konieczności ponownego budowania drzewa złączeń w przypadku, gdy nie została zmieniona struktura sieci,
- wprowadzaniem i usuwaniem wartości określonych stwierdzeń, których wartości zostały przyjęte jako znane,
- uruchamianiem operacji związanych z agregacją wartości stwierdzeń w modelu.

Implementacja sieci przekonań w pakiecie MMNET nie obejmuje rozwiązywania sieci za pomocą algorytmu maksymalizacji wartości oczekiwanej (ang. expectation maximization). W związku z powyższym brak jest możliwości wprowadzania zadanych, przybliżonych wartości stwierdzeń, z przedziału od zera do jeden, a jedynie jako wartości dokładnych zero lub jeden.

Dla potrzeb stosowania sieci wielomodalnych zaimplementowano odpowiednie metody agregacji wartości stwierdzeń. W pakiecie MMNET zagregowane wartości stwierdzeń mogą być wynikiem uśredniania arytmetycznego lub też wynikiem uśredniania ważonego, gdzie poszczególne wagi odpowiadają przyporządkowanym wagom poszczególnych warstw modelu.

7.1.1. Podsumowanie

Pakiet MMNET dostarcza pełną funkcjonalność budowania oraz stosowania sieci stwierdzeń jaka jest niezbędna dla potrzeb jej stosowania w ramach diagnostycznych systemów doradczych. Jedynym ważnym ograniczeniem jej stosowania jest brak dodatkowych funkcji i procedur umożliwiających strojenie parametrów sieci oraz brak odpowiednich narzędzi do jej analizy m.in. analizy wrażliwości oraz brak możliwości definiowania wartości punktowych dla wybranych stanów stwierdzeń w postaci liczby z przedziału od zera do jeden. Ograniczenia te będą usuwane wraz z dalszym rozwojem oprogramowania pakietu MMNET.

7.2. Model z zastosowaniem sieci umożliwiających stosowanie analogii mechanicznej

Biblioteka modeli MMNET obejmuje również możliwość stosowania ogólnych sieci stwierdzeń, w których proces wnioskowania został oparty na podstawie ogólnych praw logiki, a dokładniej implikacji z wykorzystaniem warunków wystarczających i koniecznych. Szczegółowy opis dotyczących tego typu sieci, został przedstawiony w raporcie [7.4].

W przypadku sieci stwierdzeń opracowany został algorytm wnioskowania według opisu przedstawionego w [7.4]. Obejmuje on:

- ogólny algorytm rozwiązywania sieci stwierdzeń,
- zadanie programowania liniowego w celu uzyskania wartości szczegółowych.

Zgodnie z opisem, zadanie programowania liniowego oraz zmodyfikowany algorytm rozwiązywania sieci stwierdzeń są uruchamiane w przypadku wystąpienia sprzeczności w sieci. W celu poszukiwania rozwiązania zadania programowania liniowego wykorzystano implementację algorytmu pakietu *linprog* [7.5] oraz *solveLp* [7.3], które umożliwiają sterowanie procesem poszukiwania rozwiązania za pomocą następujących parametrów:

- liczba iteracji,
- pole tolerancji rozwiązania.

W przypadku modeli ogólnych sieci stwierdzeń definiowanie sieci rozpoczyna się od dokładnego opisania rozpatrywanej dziedziny na podstawie jedynie stwierdzeń prostych. W przypadku tych stwierdzeń, które dotychczas definiowane były jako złożone, istnieje konieczność wykorzystania jedynie stwierdzeń prostych, na podstawie których było ono zbudowane. Również w tym przypadku należy zwrócić szczególną uwagę na konieczność definiowania wartości stwierdzeń prostych w taki sposób, aby ich wartości z pozostałymi stwierdzeniami prostymi były wartościami wzajemnie wykluczającymi się, a zbiór tych stwierdzeń był zbiorem zupełnym. Po zdefiniowaniu zbioru wszystkich węzłów, należy zdefiniować zależności występujące pomiędzy stwierdzeniami zgodnie z kierunkowością odpowiadającą warunkom wystarczającym (dostatecznym). Nieprawidłowe zdefiniowanie kierunkowości może prowadzić do uzyskania błędnych wyników i niepoprawnej struktury grafu. Dla każdej gałęzi kierunkowej możliwe jest również zdefiniowanie wag krawędzi, które są uwzględniane podczas obliczeń wymagających rozwiązanie sprzeczności w sieci. Należy podkreślić, że w zależności od przyjętych wag rozpatrywany jest inny układ sieci, w którym określone asocjacje pomiędzy węzłami są mniej lub bardziej ważne od pozostałych i wiąże się z uzyskaniem innych wartości funkcji kryterialnej. W przeciwieństwie do sieci przekonań, ogólne sieci stwierdzeń nie wymagają definiowania innych parametrów. Z drugiej strony wynik wnioskowania dla domyślnie przyjętych wartości stwierdzeń nie prowadzi do uzyskania istotnych wyników do momentu, gdy jakiekolwiek z wartości stwierdzeń nie zostaną zdefiniowane przez użytkownika lub inny zewnętrzny proces będący obserwatorem wybranej zmiennej.

Dodatkowe zadania związane z rozwiązywaniem ogólnych sieci stwierdzeń to m.in. zadania związane z:

- inicjacją sieci, która obejmuje wstępną inicjację wartości poszczególnych stwierdzeń i krawędzi je łączących oraz ich kasowanie w przypadku ponownego uruchomienia procesu wnioskowania,
- wprowadzaniem i usuwaniem wartości określonych stwierdzeń, których wartości zostały przyjęte jako znane,
- uruchamianiem operacji związanych z operacją łączenia wartości stwierdzeń występujących w wielu warstwach modelu wielomodalnego.

W przypadku modeli wielowarstwowych sieci stwierdzeń proces uzgadniania wartości stwierdzeń polega na poszukiwaniu iloczynu poszczególnych przedziałów.

7.2.1. Podsumowanie

Ogólny model sieci stwierdzeń zawarty w bibliotece modeli pakietu MMNET zawiera pełną funkcjonalność umożliwiającą budowanie i stosowanie tego rodzaju sieci dla potrzeb diagnostycznych systemów doradczych.

Bibliografia

[7.1] Package grain. Internet: `http://genetics.agrsci.dk/~sorenh/public/R/gRainweb/`, 11.2009.

[7.2] Package grbase. Internet: `http://genetics.agrsci.dk/~sorenh/public/R/gRbaseweb/`, 12.2010.

[7.3] Berkelaar M. *lpSolve: Interface to Lpsolve to solve linear or integer programs*, 2010.

[7.4] Cholewa W. Ogólny model sieci stwierdzeń. Raport wewnetrzny MMN-03-031, Politechnika Śląska, Katedra Podstaw Konstrukcji Maszyn, Gliwice, 2010.

[7.5] Henningsen A. *Linprog package: Linear Programming and Optimization*, 2010.

[7.6] Jensen F., Nielsen T. *Bayesian Networks and Decision Graphs*. Springer, New York, USA, 2001.