

Rozdział 8

Baza przykładów sieci stwierdzeń

Damian SKUPNIK

8.1. Wstęp

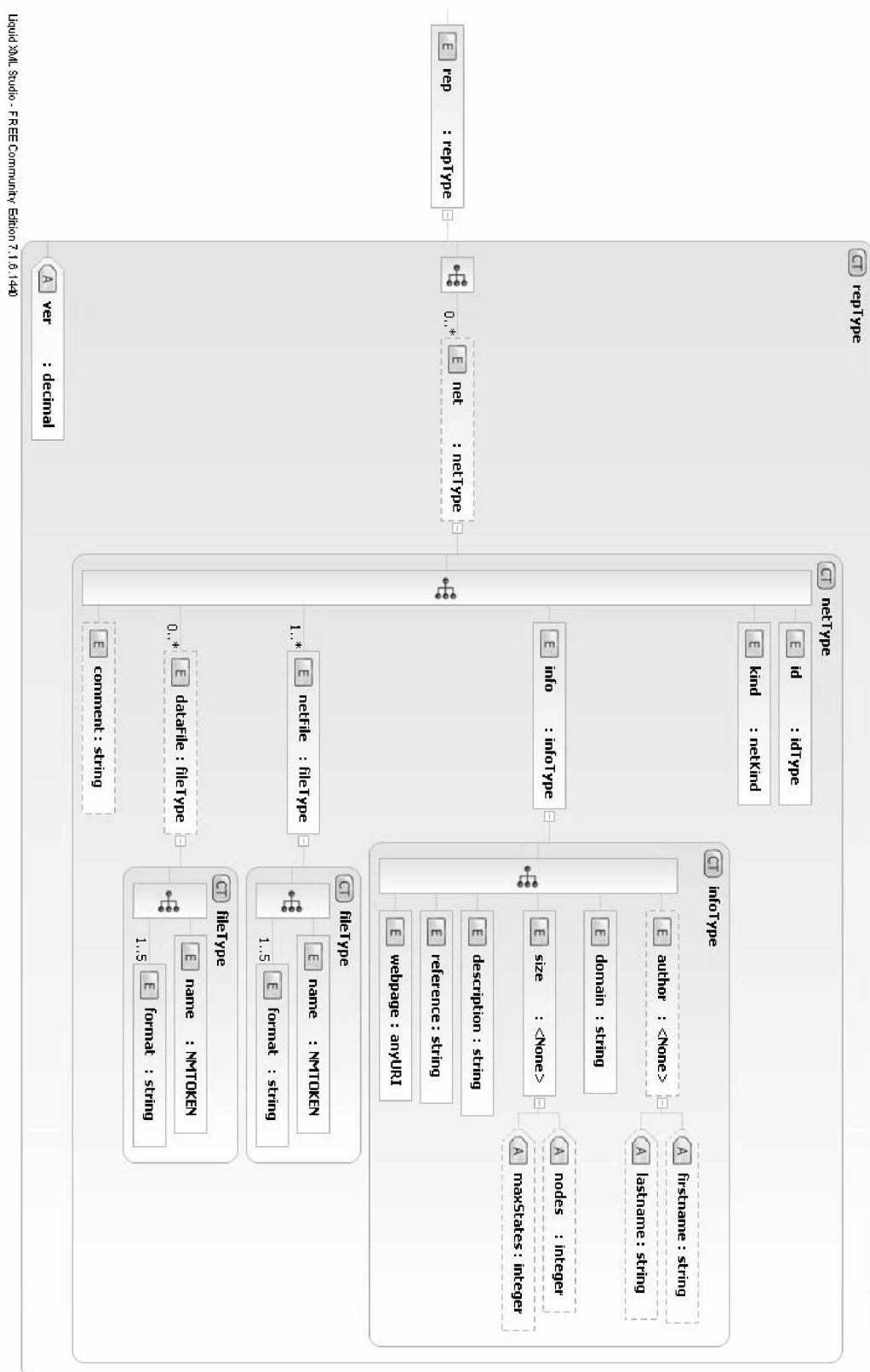
Uzyskanie zadowalających wyników działania diagnostycznych systemów doradczych opartych na wieloskalowych sieciach stwierdzeń wymaga opracowania specjalnych układów wnioskujących. W celu testowania ich skuteczności zgromadzony został zbiór 54 przykładów różnego rodzaju sieci (przede wszystkim bayesowskich). Informacje o zgromadzonych przykładach zawarto w bazie danych, dla której przyjęto hierarchiczną strukturę drzewiastą zapisaną w formacie XML [8.9]. Jest to elastyczne podejście, ponieważ jak zauważono w [8.3] można założyć, że w takim wypadku nie jest wymagana pełna specyfikacja struktury bazy przed jej zastosowaniem, a więc w zależności od potrzeb możliwe jest dodawanie nowych elementów do struktury oraz dopuszczalne jest stosowanie struktur niekompletnych.

Zapisanie bazy przykładów sieci stwierdzeń w formacie XML ma wiele zalet. Możliwa jest, np. za pomocą standardu XML Schema [8.10], weryfikacja (tzw. walidacja) bazy pod względem spójności i poprawności zawartej w niej treści. Zapytania pozwalające przeszukiwać bazę można formułować zgodnie ze standardem XPath [8.12], który stanowi rozszerzenie sposobu wybierania katalogów znanego z systemów operacyjnych DOS lub UNIX.

8.2. Struktura opracowanej bazy przykładów

Strukturę opracowanej bazy przykładów sieci stwierdzeń przedstawiono na rys. 8.1. Wersję dokumentu określa liczba dziesiętna (atrybut *ver*). Dokument może być „pusty” lub zawierać informacje o nieograniczonej liczbie sieci (element o nazwie *net*). Każdą sieć opisuje zbiór 6 elementów, przy czym występowanie elementów *dataFile* (dotyczy informacji o dostępnych plikach z danymi trenującymi) oraz *comment* nie jest konieczne (oznaczone za pomocą linii przerywanych).

Identyfikator każdej sieci (klucz) reprezentowany jest przez element *id*. Na postać identyfikatora nałożono ograniczenie, tzn. musi składać się on kolejno z 3 cyfr i 3 dużych liter, np. 015CAR. Niespełnienie tego warunku, brak identyfikatora lub jego powtórzenie spowoduje wyświetlenie komunikatu o błędzie. Nie dotyczy to jednak każdego walidatora (np. niektóre wersje XML Spy [8.11] nie zapewniają walidacji kluczy). Ograniczenie nałożono również na element *kind*, który musi przyjąć jedną z następujących wartości (wielkość liter ma znaczenie): Bayesian network, Markov network, Dynamic decision network.



Rys. 8.1: Definicja struktury bazy przykładów sieci stwierdzeń

Informacja o pliku z daną siecią przechowywana jest w elemencie *netFile*, w którym zapisana jest nazwa pliku (podelement *name*) oraz nazwy co najwyżej 5 dostępnych formatów tego pliku (podelement *format*). Nazwa pliku nie może zawierać spacji.

Podstawowe dane o sieci przechowywane są w elemencie *info*, który składa się z 6 podelementów. Występowanie podelementu *author* nie jest konieczne. Podelement *domain* może przyjąć jedną z następujących wartości: biology, economics, education, sociology, technology, medicine, meteorology.

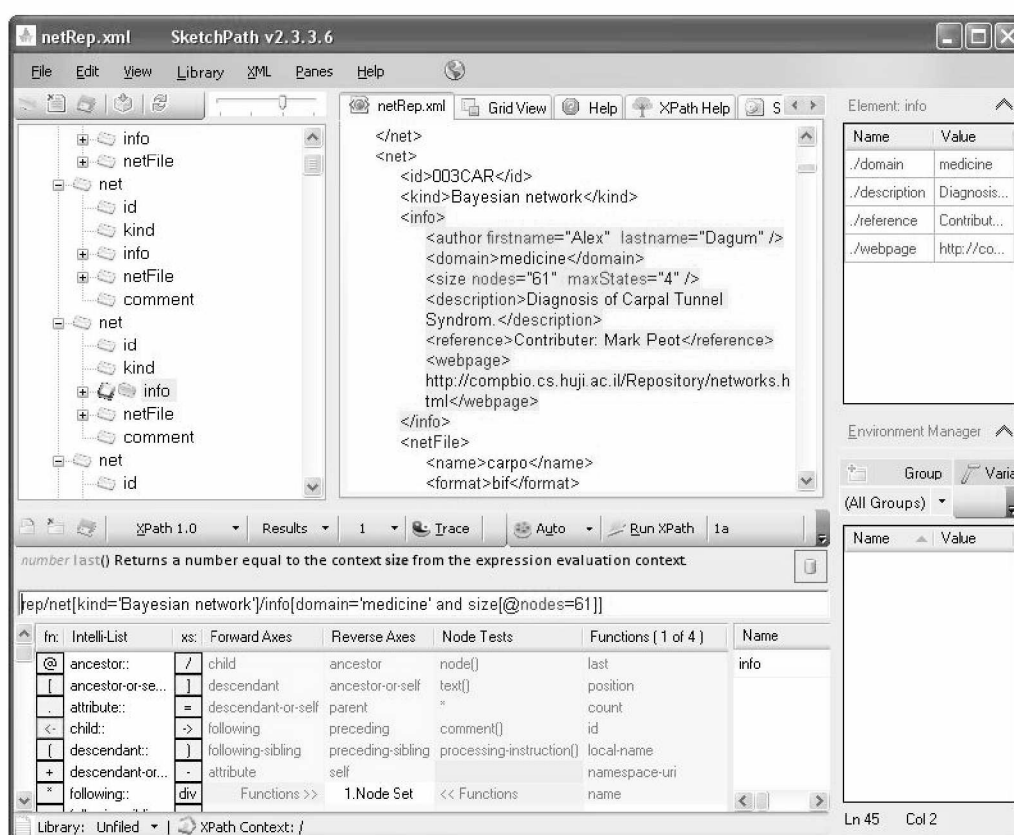
Podelement *size* zawiera ogólne dane o rozmiarze sieci, tzn. liczbę węzłów oraz maksymalną liczbę stanów w węźle. W podelemencie *description* zawarty jest opis zastosowania sieci, natomiast podelement *reference* przechowuje informację zapisaną w formacie BibTEX o najważniejszych publikacjach, które związane są z daną siecią. Ostatni podelement o nazwie *webpage* zawiera adres strony internetowej, z której ściągnięto pliki z daną siecią.

8.3. Przeszukiwanie bazy przykładów

Jak wspomniano wcześniej do przeszukiwania dokumentów XML można użyć zapytań formułowanych zgodnie ze standardem XPath. Przykładowe zapytanie o sieć bayesowską z dziedziny „medycyna”, o liczbie węzłów równej 61 ma następującą postać:

```
rep/net[kind='Bayesian network']/info[domain='medicine' and size[@nodes=61]]
```

Wynik przeszukania opracowanego dokumentu XML dla powyższego przykładu przedstawia rys. 8.2.



Rys. 8.2: Wynik przeszukania opracowanej bazy (za pomocą programu SketchPath [8.8])

8.4. Ocena przydatności zgromadzonych przykładów

Spośród wszystkich zgromadzonych przykładów tylko część okazała się użyteczna podczas testowania układów wnioskujących opartych na wieloskalowych sieciach stwierdzeń. Dokonano wyboru najlepszych na podstawie zbioru 8 następujących kryteriów (w nawiasach podano oznaczenie kodowe rozpatrywanych kryteriów):

1. Rozpatrywana dziedzina wiedzy (K1; sieci dotyczące zagadnień ogólnych lub technicznych traktowano jako uprzywilejowane).
2. Liczba węzłów sieci (K2).
3. Maksymalna liczba stanów w węźle (K3).
4. Liczba gałęzi łączących węzły (K4).
5. Liczba „korzeni” (K5).
6. Najdłuższa ścieżka w sieci (K6).
7. Liczba dostępnych formatów sieci (K7).
8. Stopień wiarygodności sieci (K8; określany subiektywnie na podstawie publikacji, w której dana sieć była rozpatrywana).

8.4.1. Określenie relacji pomiędzy kryteriami

Wymienione kryteria oceny zgromadzonych przykładów nie powinny być traktowane jako jednakowo ważne (np. kryterium liczby dostępnych formatów sieci nie jest tak istotne, ponieważ w wielu wypadkach można dokonać konwersji sieci zapisanej w jednym formacie na inny format; przykładowy konwerter to [8.2]). Ponadto należy wyraźnie zaznaczyć, że ocena zgromadzonych przykładów ze względu na kryteria K1 oraz K8 jest subiektywna, a więc należy ostrożniej formułować wnioski na podstawie tak określonej noty.

W tabeli 8.1 przedstawiono jakościową relację pomiędzy rozpatrywanymi kryteriami. Cyfra 1 oznacza, że kryterium X (z pierwszej kolumny) jest mniej ważne niż kryterium Y (z pierwszego wiersza), 2 oznacza, że kryteria są równoważne, natomiast 3 określa relację odwrotną do relacji oznaczonej cyfrą 1.

Tab. 8.1: Relacje jakościowe pomiędzy rozpatrywanymi kryteriami

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	$\Sigma = waga$
K1	x	2	1	1	1	1	3	2	11
K2	2	x	1	1	1	1	3	3	12
K3	3	3	x	1	2	2	3	3	17
K4	3	3	3	x	2	1	3	3	18
K5	3	3	2	2	x	1	3	3	17
K6	3	3	2	3	3	x	3	3	20
K7	1	1	1	1	1	1	x	2	8
K8	1	1	1	1	1	1	2	x	8

8.4.2. Skala ocen

Każdy zgromadzony w bazie przykład sieci oceniany jest wg kolejnych kryteriów. Biorąc pod uwagę fakt, że rozpatrywane kryteria dotyczą zarówno wartości jakościowych (K1 i K8) jak i ilościowych (pozostałe) konieczne jest określenie odpowiedniej skali ocen (tab. 8.2).

Tab. 8.2: Skala ocen dla rozpatrywanych kryteriów (DN — dziedzina wiedzy nieuprzywilejowana; DU — dziedzina wiedzy uprzywilejowana; LW — liczba węzłów; MLS — maks. liczba stanów; LG — liczba gałęzi; LK — liczba korzeni; DS — długość ścieżki; LF — liczba formatów; SMW — sieć mało wiarygodna; SW — sieć wiarygodna)

Kryterium	Ocena		
K1	1 (DN)		2 (DU)
K2	1 ($LW \leq 10$)	2 ($10 < LW \leq 100$)	3 ($LW > 100$)
K3	1 ($MLS = 2$)	2 ($2 < MLS \leq 4$)	3 ($MLS > 4$)
K4	1 ($LG \leq 10$)	2 ($10 < LG \leq 100$)	3 ($LG > 100$)
K5	1 ($LK \leq 2$)	2 ($2 < LK \leq 4$)	3 ($LK > 4$)
K6	1 ($DS \leq 2$)	2 ($2 < DS \leq 4$)	3 ($DS > 4$)
K7	1 ($LF \leq 2$)	2 ($2 < LF \leq 4$)	3 ($LF > 4$)
K8	1 (SMW)		2 (SW)

8.4.3. Oceny zgromadzonych przykładów

W tab. 8.3 przedstawiono posortowaną malejąco ocenę wszystkich przykładów sieci zgromadzonych w bazie. Kolumny zatytułowane K1, K2, ... K8 zawierają ocenę rozpatrywanego przykładu ze względu na dane kryterium. Przedostatnia kolumna przedstawia ocenę końcową przykładu uzyskaną jako suma ważonych ocen cząstkowych (wartości wag — patrz tab. 8.1), natomiast ostatnia kolumna opisuje jaki procent maksymalnej możliwej oceny stanowi ocena danego przykładu.

Tab. 8.3: Ocena przydatności zgromadzonych przykładów sieci

ID przykładu	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	OCENA	PROCENT
015AND	2	3	3	3	3	3	1	2	298	95
016DTT	2	3	3	3	3	3	1	2	298	95
009MUN	1	3	3	3	3	3	2	2	295	94
004DIA	1	3	3	2	3	3	2	2	277	88
007LIN	1	3	2	3	3	3	1	2	270	86
005HAI	1	2	3	2	3	3	2	2	265	84
017HEP	1	2	2	3	3	3	1	2	258	82
002BAR	1	2	3	2	3	3	2	1	257	82
008MIL	1	2	3	2	3	3	2	1	257	82
001ALA	1	2	2	2	3	3	3	2	256	82
010PAT	1	3	3	3	1	3	1	2	253	81
013WIN	2	2	1	3	3	3	2	1	252	80
014POW	2	2	2	2	3	3	1	2	251	80
054RES	2	2	2	2	3	3	1	2	251	80
011PIG	1	3	2	3	3	2	2	1	250	80
055RIS	2	2	3	2	3	2	1	2	248	79
057SYS	2	2	3	2	3	2	1	2	248	79
062CAR	2	2	2	2	3	3	1	1	243	77
064OIL	2	2	2	2	2	3	1	2	234	75
006INS	1	2	3	2	1	3	1	2	223	71
012WAT	1	2	2	2	3	2	1	2	220	70
045AGR	1	2	2	2	3	2	1	2	220	70

Tab. 8.3: (ciąg dalszy)

ID przykładu	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	OCENA	PROCENT
042SPA	2	2	1	2	3	2	1	2	214	68
003CAR	1	2	2	2	3	2	1	1	212	68
053PRO	1	2	3	2	3	1	1	1	209	67
059WIL	1	2	2	2	1	3	1	2	206	66
048BUS	1	2	3	2	1	2	1	2	203	65
066SPI	1	2	3	2	1	2	1	2	203	65
069POK	2	1	3	2	1	2	1	2	202	64
060BOE	2	2	1	2	1	3	1	2	200	64
049COR	1	1	3	2	3	1	1	1	197	63
051CRE	2	2	2	2	1	2	1	2	197	63
052MID	2	2	2	2	1	2	1	2	197	63
063CHE	1	2	1	2	2	2	1	2	186	59
038CAR	2	1	2	2	1	2	1	2	185	59
071RIN	2	1	2	2	1	2	1	2	185	59
046FUN	1	1	2	1	3	2	1	1	182	58
047BAT	1	1	3	1	3	1	1	1	179	57
033LUC	1	2	1	2	2	2	1	1	178	57
067ZHA	2	1	1	2	1	2	1	2	168	54
068ZHA	2	1	1	2	1	2	1	2	168	54
065OIL	2	1	2	1	1	2	1	2	167	53
050DIA	1	1	2	2	2	1	1	1	163	52
056SUG	1	1	3	1	1	1	1	2	153	49
036CHE	1	2	1	1	1	2	1	2	151	48
039FIR	2	1	1	1	1	2	1	2	150	48
040NEA	2	1	1	1	1	2	1	2	150	48
041OIL	2	1	2	1	1	1	1	2	147	47
043UMB	2	1	2	1	1	1	1	1	139	44
058WHI	1	1	2	1	1	1	1	2	136	43
061BOO	2	1	1	1	1	1	1	2	130	41
044WET	2	1	1	1	1	1	1	1	122	39
037CAN	1	1	1	1	1	1	1	2	119	38
070AID	1	1	1	1	1	1	1	2	119	38

8.5. Zastosowanie zgromadzonych przykładów w systemie MMNET

Weryfikację działania układu wnioskującego, który został zaimplementowany w systemie MMNET, można przeprowadzić z zastosowaniem dowolnego przykładu zgromadzonego w bazie. Niestety wymaga to albo dosyć znużającego wprowadzania danych za pośrednictwem GUI systemu MMNET, albo przetworzenia danych wejściowych na format obsługiwany przez system MMNET, przy czym preferowany jest format XML. Drugie z wymienionych podejść jest szczególnie uzasadnione w wypadku sieci stwierdzeń o dużej liczbie węzłów.

Konwersję wejściowego formatu danych na format XML o wymaganej strukturze i treści można dokonać na wiele sposobów, np.:

- a) jeżeli formatem danych wejściowych jest również XML, to można opracować odpowiedni

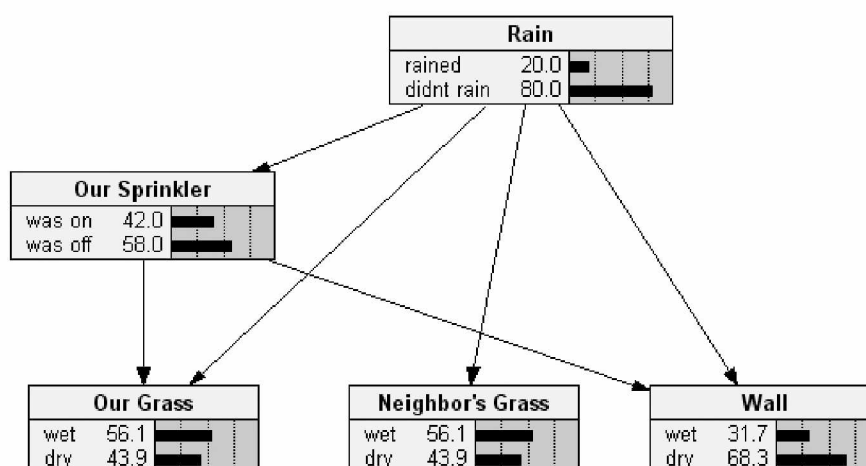
arkusz ze stylem dokumentu i użyć do konwersji dowolnego procesora XSLT (np. XSLT Processor [8.7]);

- b) stosując GUI systemu MMNET zapisać w formacie XML prosty tezaurus oraz model sieci stwierdzeń a następnie zmodyfikować, powielić i uzupełnić o wymaganą treść odpowiednie fragmenty tych plików;
- c) jeżeli dane wejściowe zapisane są w formacie tekstowym, to do modyfikacji treści można użyć mechanizmu „Znajdź i zamień”, który dostępny jest w wielu edytorach tekstu;
- d) ...

Warto zwrócić uwagę, że wszystkie przykłady zgromadzone w bazie to sieci jednowarstwowe.

8.5.1. Przykład 1

W celu ilustracji zastosowania GUI systemu MMNET wybrano z bazy sieć o identyfikatorze 044WET, która składa się z 5 węzłów (rys. 8.3). Przykład został przygotowany przez Norsys Software Corp. [8.4] na podstawie sieci opracowanej przez Judeę Perl'a [8.6]. Dotyczy sytuacji, w której na podstawie określonych przesłanek poszukiwana jest odpowiedź na pytanie czy padał deszcz.



Rys. 8.3: Przykładowa sieć bayesowska [8.4]

Procedura tworzenia modelu reprezentowanego w postaci sieci wielowarstwowej w systemie MMNET opisana jest w instrukcji użytkownika. W skrócie można powiedzieć, że w pierwszej kolejności należy zdefiniować słownik stwierdzeń (na rys. 8.4 przedstawiono zrzut ekranu po zdefiniowaniu stwierdzenia o treści „Rain”) a następnie opracować model jednowarstwowej sieci (rys. 8.5) z zastosowaniem stwierdzeń zawartych w tym słowniku.

Na rys. 8.6 przedstawiono domyślny stan węzła *Rain* (zgodny ze stanem widocznym na rys. 8.3), natomiast rys. 8.7 przedstawia stan tego węzła po wprowadzeniu informacji, że ściana jest mokra.

MMNET GUI for MMNET

MMN project Nowe stwierdzenie

Tezaaurus

Tezaurus: przyklad_1_tezaurus [id = NA], Słownik stwierdzeń dla modelu rozpatrywanego w przykładzie nr 1 Liczba stwierdzeń: 1

Definicja nowego stwierdzenia

-- Wybierz typ wartości stwierdzenia --

Identyfikator stwierdzenia

Nazwa stwierdzenia rain

Treść stwierdzenia Rain

Rodzaj stwierdzenia belief value

Nazwy wartości stwierdzenia rained didnt_rain

Objaśnienie do stwierdzenia

Zapisz stwierdzenie

MMNET wersja 0.5.5

Rys. 8.4: Sformułowanie twierdzenia o treści „Rain”

MMNET GUI for MMNET

MMN project View Network

Model

Model [id = NA] Liczba warstw: 1 Liczba węzłów: 5

Tezaurus: Thesaurus ... [id = NA], Słownik stwierdzeń dla modelu rozpatrywanego w przykładzie nr 1

Warstwa

Podaj ID warstwy 1

Identyfikator warstwy 1

Komentarz Warstwa podstawowa

Krawędzie 10 [rain], 20 [sprinkler] - 1

Identyfikator węzłów 10 [rain]

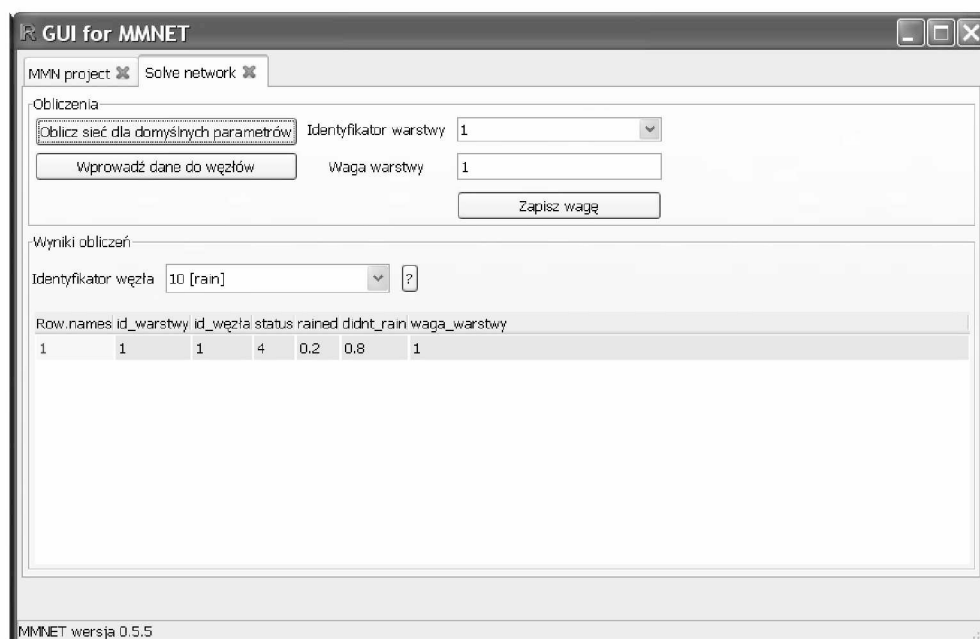
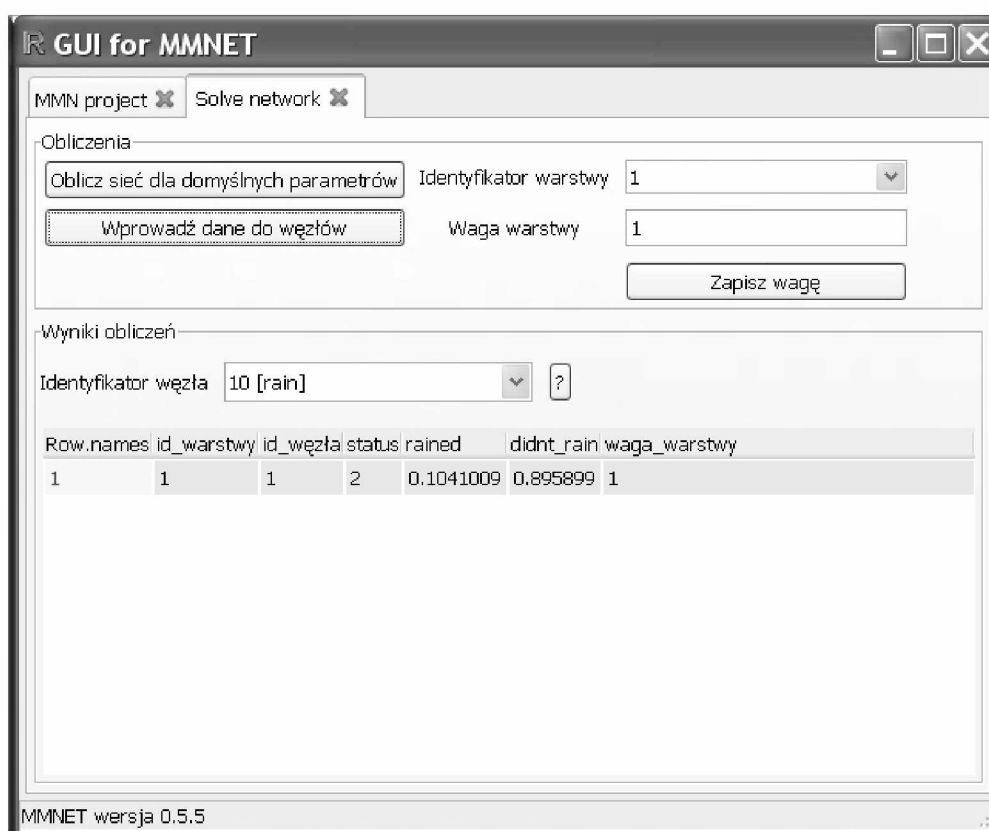
Waga warstwy 1

Tablice prawdopodobieństw warunkowych

Identyfikator węzła 10 [rain]

MMNET wersja 0.5.5

Rys. 8.5: Model jednowarstwowej sieci stwierdzeń dla przykładu zapisanego w bazie pod identyfikatorem 044WET

Rys. 8.6: Stan węzła *Rain* dla domyślnych wartości stwierdzeńRys. 8.7: Stan węzła *Rain* w sytuacji gdy stwierdzono, że ściana jest mokra

8.5.2. Przykład 2

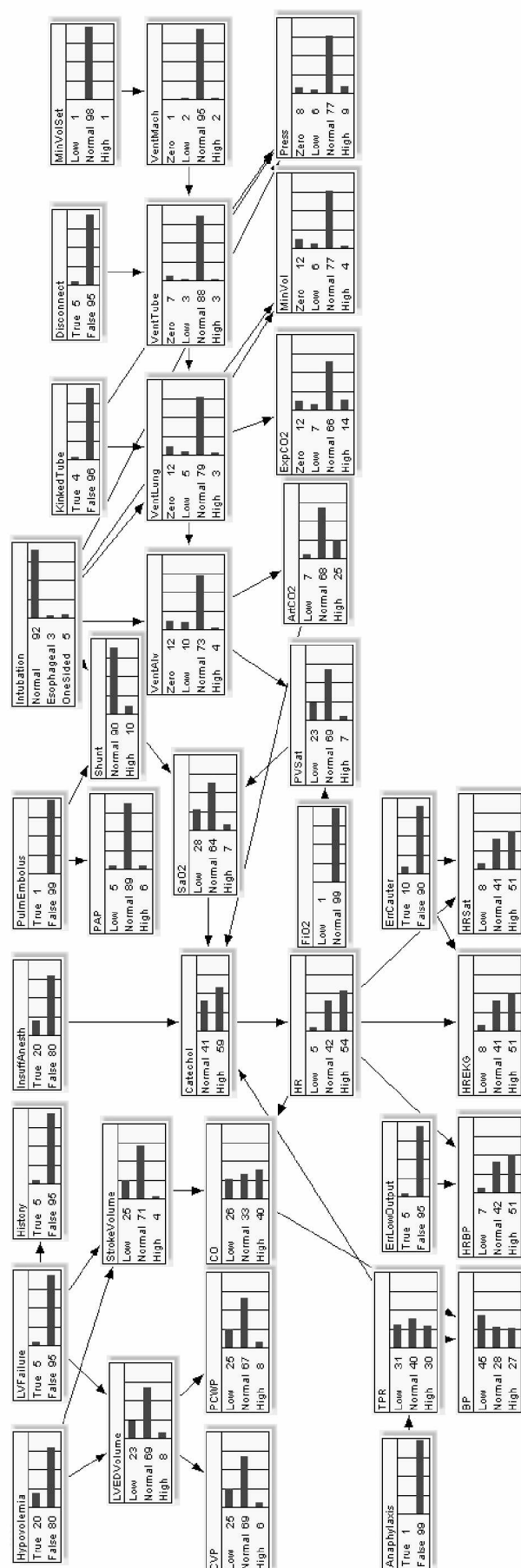
Drugi przykład został zaczerpnięty z [8.1] i dotyczy sieci składającej się z 37 węzłów, zapisanej w bazie pod identyfikatorem 001ALA (rys. 8.8). Tym razem zastosowano podejście b) opisane w punkcie 8.5. Do edycji pliku XML użyto programu Liquid XML Studio 2009 [8.5]. Warto zauważyć, że najprostszy słownik stwierdzeń, na podstawie którego tworzony jest model sieci stwierdzeń, musi zawierać co najmniej 3 stwierdzenia.

Poniżej przedstawiono fragment pliku XML (wygenerowany za pośrednictwem GUI systemu MMNET) z szablonem słownika.

```
<?xml version="1.0"?> <!-- Created with Liquid XML Studio - FREE
Community Edition 7.0.2.746 (http://www.liquid-technologies.com) -->
<MMNET VERSION="1.0">
  <STATICPROPERTIES>
    <source value="Core ver. 0.5, Pawel Chrzanowski (KPKM)" />
    <date value="Tue Dec 28 17:24:56 2010" />
  </STATICPROPERTIES>
  <THESAURUS stmts="3" notice="" title="szablon_stwierdzenia" idThesa="NA">
    <STATEMENT>
      <STMTYPE>CStmtValMBelief_TR</STMTYPE>
      <ID>10</ID>
      <MODE>2</MODE>
      <DESCRIPTION>belief value</DESCRIPTION>
      <LAYERS>0</LAYERS>
      <SHORTNAME>nazwa_stwierdzenia</SHORTNAME>
      <CONTENT>Tresc stwierdzenia</CONTENT>
      <HELP></HELP>
      <VSTMTID></VSTMTID>
      <VALNAMES>
        <VALNAME>Yes</VALNAME>
        <VALNAME>No</VALNAME>
      </VALNAMES>
    </STATEMENT>
    ...
  </THESAURUS>
</MMNET>
```

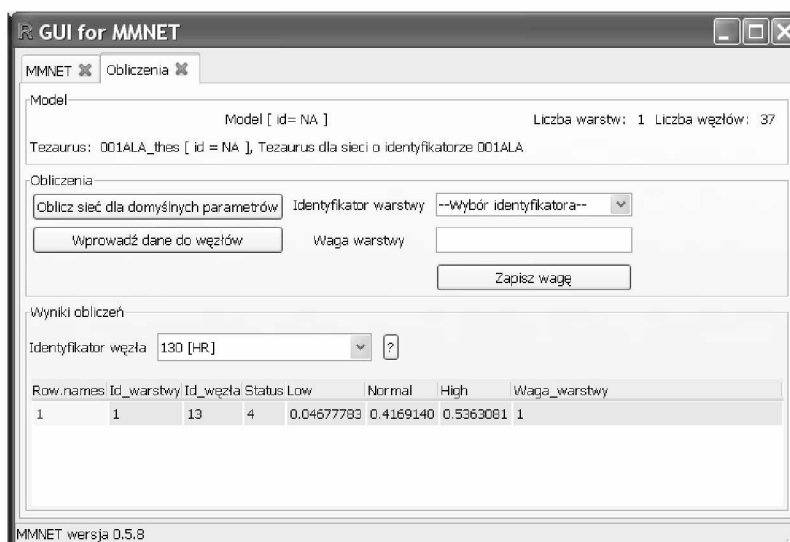
Po modyfikacji (wprowadzeniu odpowiednich danych) wygląda on następująco:

```
<?xml version="1.0"?> <!-- Created with Liquid XML Studio - FREE
Community Edition 7.0.2.746 (http://www.liquid-technologies.com) -->
<MMNET VERSION="1.0">
  <STATICPROPERTIES>
    <source value="Core ver. 0.5, Pawel Chrzanowski (KPKM)" />
    <date value="Tue Dec 28 17:27:57 2010" />
  </STATICPROPERTIES>
  <THESAURUS stmts="37" notice="Tezaurus dla sieci o identyfikatorze 001ALA"
title="001ALA_thes" idThesa="NA">
    <STATEMENT>
      <STMTYPE>CStmtValMBelief_TR</STMTYPE>
      <ID>10</ID>
      <MODE>2</MODE>
      <DESCRIPTION>belief value</DESCRIPTION>
      <LAYERS>0</LAYERS>
      <SHORTNAME>Anaphylaxis</SHORTNAME>
      <CONTENT>Anaphylaxis</CONTENT>
      <HELP/>
      <VSTMTID></VSTMTID>
      <VALNAMES>
        <VALNAME>True</VALNAME>
        <VALNAME>False</VALNAME>
      </VALNAMES>
    </STATEMENT>
    ...
  </THESAURUS>
</MMNET>
```



Rys. 8.8: Sieć bayesowska umożliwiająca redukcję fałszywych alarmów na oddziałach intensywnej opieki medycznej [8.1]

Analogiczne działania przeprowadzono na pliku z modelem i w rezultacie otrzymano plik XML z modelem jednowarstwowej sieci stwierdzeń. Po wczytaniu pliku przeprowadzono testowanie układu wnioskującego. Na rys. 8.9 przedstawiono stopnie przekonania o prawdziwości stwierdzenia, że pacjent ma podwyższone tętno, w sytuacji, gdy nie są dostępne żadne informacje na temat tego pacjenta (równy w przybliżeniu 0.54).



Rys. 8.9: Stan węzła *HR* w sytuacji braku dodatkowych danych

Bibliografia

- [8.1] Beinlich I., Suermondt G., Chavez R., Cooper G. The ALARM monitoring system: A case study with two probabilistic inference techniques for belief networks. *Proceedings of the 2nd European Conference on AI and Medicine*, 1989.
- [8.2] BIF-BNT converter. <http://www.digitas.harvard.edu/~ken/bif2bnt/>, grudzień 2010.
- [8.3] Cholewa Wojciech. Zbiory danych. Kiciński Jan, redaktor, *Modelowanie i diagnostyka oddziaływań mechanicznych, aerodynamicznych i magnetycznych w trubozespołach energetycznych*, rozdział 25, strony 1227–1260. Instytut Maszyn Przepływowych Polskiej Akademii Nauk, Gdańsk, 2005.
- [8.4] Corp. Norsys Software. <http://www.norsys.com>, grudzień 2010.
- [8.5] Liquid XML Studio. <http://www.liquid-technologies.com/XmlStudio/XmlStudio.aspx>, grudzień 2010.
- [8.6] Pearl J. *Probabilistic Reasoning in Intelligent Systems: Networks of Plausible Inference*. Morgan Kaufmann, San Mateo, CA, 1988.
- [8.7] Processor XSLT. http://www.download3000.com/download_24505.html, grudzień 2010.
- [8.8] SketchPath. <http://qutoric.com/sketchpath/>, grudzień 2010.
- [8.9] XML. <http://www.w3.org/XML/>, grudzień 2010.
- [8.10] XML Schema. <http://www.w3.org/XML/Schema>, grudzień 2010.
- [8.11] XML Spy. <http://www.altova.com/xml-editor/>, grudzień 2010.
- [8.12] XPath. <http://www.w3.org/TR/xpath20/>, grudzień 2010.