

ОБОБЩЕНОМРЕЖОВ МОДЕЛ НА ПРОЦЕСА НА СЪЗДАВАНЕ НА АСОЦИАТИВНИ ПРАВИЛА

Веселина Бурева

Университет „Проф. д-р Асен Златаров“, Бургас
email: vesito_ka@abv.bg

Резюме: Data Mining е процес на откриване на скрити закономерности в големи масиви от данни [11]. Някои основни техники са дърво на решенията, асоциативни правила, невронни мрежи, клъстерен анализ. В статията е моделиран процеса на изграждане на асоциативни правила. За целта е използван апарата на обобщените мрежи. Конструираният модел описва стандартните стъпки, през които трябва да преминат транзакциите, за да могат да се генерират асоциативни правила.

Ключови думи: Обобщена мрежа, Асоциативен анализ, Извличане на знания, База данни.

1. Въведение

Data Mining изучава складираната информация, която се натрупва в базите данни, с цел извличане на скрити връзки и закономерности между отделните елементи. За целта се използват различни техники. Една от тях е асоциативният анализ. Той представлява data mining техника на обучение без наблюдение. Входната информация е записана във вид на транзакции и най-често е в релационна база данни или хранилище [5]. Асоциативният анализ изследва скритите зависимости между елементите. Чрез определени критерии се намират съответните елементи, които служат за генериране на правила. С негова помощ може да се предвиди последователността на предстоящи действия на базата на направените предходни такива. Затова често е използван за анализиране на пазарната кошница. Основавайки се на направените продажби, могат да се намерят най-често купуваните артикули и да се предвидят предстоящите покупки. Асоциативните правила се създават във вида *if X then Y*, т.е ако има един взет елемент, то следва да се вземе и друг. Поради големите масиви от данни са необходими ефективни алгоритми, които да направят най-качествените правила за възможно най-малко време. Част от алгоритмите, използвани за асоциативен анализ са: *A priori*, *Sampling* (вземане на проби), *Partitioning* (разделяне), както и алгоритми за паралелна и разпределена обработка [4].

Области, в които се използва асоциативния анализ, са биоинформатика, медицинска диагностика, *Web* и *Text Mining*, анализ на пазарната кошница, маркетинг и други [8, 5].

2. Обобщена мрежа на процеса по създаване на асоциативни правила

Теорията на обобщените мрежи е описана в [1, 2, 3]. Чрез тях е моделиран процесът на извличане на скрити закономерности [9], както и прилагането на *Data Mining* техники [7]. Създаден е обобщеномрежов модел на възможностите за интегриране на *Data Mining* методи с електронното обучение [10]. OM модел, описващ процеса на създаване на асоциативни правила чрез т. нар. *A priori* алгоритъм [5] е показан на Фиг. 1. Ако едно множество от събития е такова, че елементите му настъпват често, т.е., достатъчно много пъти, то ще го наричаме ч-множество (*frequent set*), а неговите елементи – ч-елементи (*frequent elements*). Тази способност на *A priori* алгоритъма води до намаляване в голяма степен обема на транзакции за претърсване. Когато даден елемент съответства на събитие, което настъпва рядко, т.е. малко на брой пъти, ще го наричаме р-елемент.

Създаването на асоциативните правила чрез *A priori* алгоритъма може да се опише като двуетапен процес:

- 1) намиране на ч-множества от елементи по зададена честота за транзакциите;
- 2) от откритите ч-множества се създават асоциативни правила, които трябва да отговарят на зададена подкрепа (*support*) и доверие (*confidence*) [5, 8].

Всяко асоциативно правило е във формата $X \Rightarrow Y$, където X и Y са набор от елементи. Това правило ще има подкрепа, равна на процента от елементите, които включват всички елементи в X и Y , т.е

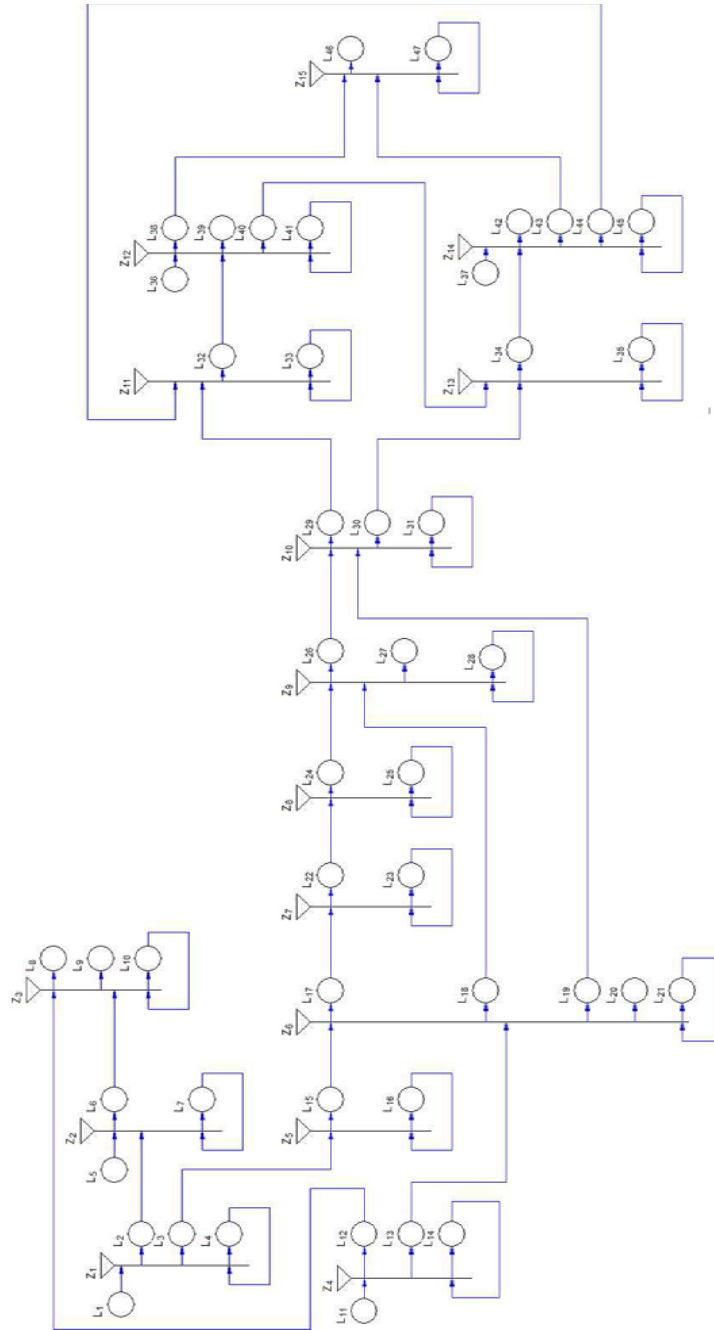
$$P(X \cap Y) = \frac{\text{броят на транзакциите, съдържащи } X \text{ и } Y}{\text{броят на транзакциите}}$$

Доверието ще се равнява на процента от сделките, които съдържат X , но също ще съдържат и Y , т.е.

$$P(X | Y) = \frac{P(X \cap Y)}{P(X)}$$

вж [4, 5, 10].

Входната информация се натрупва в база данни. Към мрежата се подават транзакции. Практически са необходими най-малко 100 записа. За намиране на единичните ч-елементи транзакциите се записват в бинарен или транзакционен формат. В случая е използван бинарен формат, като за име на колоната в таблицата се записват последователно всички заемани елементи, а за редовете се задава номерът на транзакцията. Там, където елементът е взет, се поставя единица, в противен случай – нула. За съставяне на двueleментни множества първият елемент се групира с втория, след това с третия и т.н., като този процес се повтаря, докато се създадат всички възможни двойни комбинации.



Фигура 1. OM, описваща процеса по създаване на асоциативни правила чрез *A priori* алгоритъм

Обобщената мрежа има 15 прехода и 47 позиции. Преходите описват следните процеси:

- Z_1 – „постъпване на транзакции от база данни или хранилище“;
- Z_2 – „преобразуване на постъпилите транзакции в подходящ формат за намиране на единични ч-елементи (в табличен формат)“;
- Z_3 – „генериране на единични ч-елементи“;
- Z_4 – „задаване на честота за множествата“;
- Z_5 – „създаване на всички възможни кандидати от двуелементни комбинации от всички елементи“;
- Z_6 – „намиране на двуелементни ч-множества“;
- Z_7 – „създаване на кандидат – триелементни множества“;
- Z_8 – „разделяне на всяко триелементно множество на три двуелементни“;
- Z_9 – „проверяване на честотата на всички три двуелементни множества от едно триелементно (окастрияне)“;
- Z_{10} – „генериране на асоциативни правила“;
- Z_{11} – „изчисляване на подкрепата за асоциативните правила“;
- Z_{12} – „задаване на минимален праг на подкрепа за асоциативните правила“;
- Z_{13} – „изчисляване на доверието на асоциативните правила“;
- Z_{14} – „задаване на минимален праг на доверие за асоциативните правила“;
- Z_{15} – „записване на крайни (силни) асоциативни правила, удовлетворяващи минималните критерии за подкрепа и доверие“.

Първоначално в обобщената мрежа има α_1 -ядро с характеристика „База данни“ в позиция L_4 . То ще стои там по време на работата на обобщената мрежа, като в определени времеви моменти може да генерира нови α -ядра, които ще се придвижват до преходите Z_2 и Z_5 , преминавайки през прехода Z_1 .

През позиция L_1 на преход Z_1 обобщената мрежа постъпва ядро с характеристика „транзакции“. Преходът има следния вид:

$$Z_1 = \langle \{L_1, L_4\}, \{L_2, L_3, L_4\}, R_1, \vee(L_1, L_4) \rangle,$$

където:

$$R_1 = \begin{array}{c|ccc} & L_2 & L_3 & L_4 \\ \hline L_1 & false & false & true \\ \hline L_4 & w_{4,2} & w_{4,3} & true \end{array},$$

където:

- $w_{4,2}$ = „определени са транзакции за създаване на единични елементи“;
- $w_{4,3}$ = „определени са транзакции за създаване на двуелементни множества“.

Ядрото, постъпващо от позиция L_1 в позиция L_4 , не получава нова характеристика.

Ядрото в позиция L_4 генерира две нови ядра, които постъпват в позиции L_2 и L_3 с характеристики, съответно: „транзакции за създаване на единични елементи“ в позиция L_2 и „транзакции за създаване на двуелементни множества“ в позиция L_3 .

През позиция L_5 в мрежата постъпва ядро с характеристика „формат за транзакции“.

Преход Z_2 има следния вид:

$$Z_2 = \langle \{L_5, L_2, L_7\}, \{L_6, L_7\}, R_2, \vee(\wedge(L_2, L_5), L_7) \rangle,$$

където:

$$R_2 = \begin{array}{c|cc} & L_6 & L_7 \\ \hline L_5 & false & true \\ L_2 & false & true \\ L_7 & w_{7,6} & w_{7,7} \end{array},$$

където:

- $w_{7,6} =$ „обработени са транзакции във формат“;
- $w_{7,7} = \neg w_{7,6}$.

Ядрата, постъпващи в позиция L_7 (от позиции L_2 и L_5), не получават нови характеристики.

Ядрата в позиция L_6 получават характеристика „транзакции във формат“.

Преходът Z_3 има вида:

$$Z_3 = \langle \{L_6, L_{12}, L_{10}\}, \{L_8, L_9, L_{10}\}, R_3, \vee(\wedge(L_6, L_{12}), L_{10}) \rangle,$$

където:

$$R_3 = \begin{array}{c|ccc} & L_8 & L_9 & L_{10} \\ \hline L_6 & false & false & true \\ L_{12} & false & false & true \\ L_{10} & w_{10,8} & w_{10,9} & w_{10,10} \end{array},$$

където предикатите имат стойности:

- $w_{10,8} =$ „определен е единичен ч-елемент“;
- $w_{10,9} =$ „определен е единичен р-елемент“;
- $w_{10,10} = \neg(w_{10,8} \wedge w_{10,9})$.

Ядрата, влизащи в позиции L_8 и L_9 , получават характеристики „единични ч-елементи“ в позиция L_8 и „единични р-елементи“ в позиция L_9 . Ядрата, постъпили в позиция L_{10} (от позиции L_6 и L_{12}), не получават нови характеристики.

През позиция L_{11} на прехода Z_4 в мрежата влиза ядро с характеристика „честота на транзакции“. Преходът има следния вид:

$$Z_4 = \langle \{L_{11}, L_{14}\}, \{L_{12}, L_{13}, L_{14}\}, R_4, \vee(L_{11}, L_{14}) \rangle,$$

където:

$$R_4 = \begin{array}{c|ccc} & L_{12} & L_{13} & L_{14} \\ \hline L_{11} & false & false & true \\ L_{14} & w_{14,12} & w_{14,13} & w_{14,14} \end{array},$$

където:

- $w_{14,12} =$ „определена е честота за единични елементи“;
- $w_{14,13} =$ „определена е честота за двуелементни множества“;
- $w_{14,14} = \neg(w_{14,12} \wedge w_{14,13})$

Ядрата, постъпващи в позиция L_{14} (от позиция L_{11}), не получават нова характеристика.

Ядрото от позиция L_{11} се разцепва на две нови ядра, които постъпват в позиции L_{12} и L_{13} с характеристики „честота за създаване на единични елементи“ в позиция L_{12} и „честота за образуване на двуелементни ч-множества“ в позиция L_{13} .

Преходът Z_5 има следния вид:

$$Z_5 = \langle \{L_3, L_{16}\}, \{L_{15}, L_{16}\}, R_5, \vee(L_3, L_{16}) \rangle,$$

където:

$$R_5 = \begin{array}{c|cc} & L_{15} & L_{16} \\ \hline L_3 & false & true \\ \hline L_{16} & w_{16,15} & w_{16,16} \end{array},$$

където:

- $w_{16,15} =$ „създадено е двуелементно множество“;
- $w_{16,16} = \neg w_{16,15}$.

Ядрата, влизащи в позиция L_{15} , получават характеристика „двуелементно множество“. Ядрата, постъпващи от позиция L_{16} , не получават нова характеристика.

Преход Z_6 има вида:

$$Z_6 = \langle \{L_{15}, L_{13}, L_{21}\}, \{L_{17}, L_{18}, L_{19}, L_{20}, L_{21}\}, R_6, \vee(\wedge(L_{15}, L_{13}), L_{21}) \rangle,$$

където:

$$R_6 = \begin{array}{c|ccccc} & L_{17} & L_{18} & L_{19} & L_{20} & L_{21} \\ \hline L_{15} & false & false & false & false & true \\ \hline L_{13} & false & false & false & false & true \\ \hline L_{21} & w_{21,17} & w_{21,18} & w_{21,19} & w_{21,20} & w_{21,21} \end{array},$$

където:

- $w_{21,17} =$ „има готово двуелементно ч-множество за съставяне на триелементно“;
- $w_{21,18} =$ „налично е двуелементно ч-множество за проверка при окастрянето на триелементно“;
- $w_{21,19} =$ „налично е двуелементно ч-множество за съставяне на асоциативно правило“;
- $w_{21,20} =$ „има двуелементно р-множество“;
- $w_{21,21} = \neg(w_{21,17} \wedge w_{21,18} \wedge w_{21,19} \wedge w_{21,20})$.

Ядрата, постъпващи в позиции L_{17} и L_{18} , получават характеристики съответно „двуелементно ч-множество за съставяне на триелементно“ в L_{17} и „двуелементно ч-множество за проверка при окастряне на триелементно“ в L_{18} .

Ядрата, постъпващи в позиции L_{19} и L_{20} , получават следните характеристики: „двуелементно вножество за съставяне на асоциативно правило“ в позиция L_{19} и „двуелементно р-множество“ в позиция L_{20} .

Ядрата, постъпващи в позиция L_{21} , не получават нова характеристика.

Преходът Z_7 има вида:

$$Z_7 = \langle \{L_{17}, L_{23}\}, \{L_{22}, L_{23}\}, R_7, \vee(L_{17}, L_{23}) \rangle,$$

където:

$$R_7 = \begin{array}{c|cc} & L_{22} & L_{23} \\ \hline L_{17} & false & true \\ \hline L_{23} & w_{23,22} & w_{23,23} \end{array},$$

където:

- $w_{23,22} =$ „генерирано е триелементно множество“;
- $w_{23,23} = \neg w_{23,22}$.

Ядрата, постъпващи в позиция L_{22} , получават характеристика „триелементно множество“. Ядрата в позиция L_{23} (постъпващи от позиция L_{17}) не променят своите характеристики.

Преходът Z_8 се има следния вид:

$$Z_8 = \langle \{L_{22}, L_{25}\}, \{L_{24}, L_{25}\}, R_8, \vee(L_{22}, L_{25}) \rangle,$$

където:

$$R_8 = \begin{array}{c|cc} & L_{24} & L_{25} \\ \hline L_{22} & false & true \\ \hline L_{25} & w_{25,24} & w_{25,25} \end{array},$$

където предикатите има следните стойности:

- $w_{25,24} =$ „разделено е триелементно множество на три двуелементни“;
- $w_{25,25} = \neg w_{25,24}$.

Ядрата, влизащи в позиция L_{24} , получават характеристики „три двуелементни множества“. Ядрата, постъпващи в позиция L_{25} , не получават нова характеристика.

Преходът Z_9 има вида:

$$Z_9 = \langle \{L_{24}, L_{18}, L_{28}\}, \{L_{26}, L_{27}, L_{28}\}, R_9, \vee(\wedge(L_{24}, L_{18}), L_{28}) \rangle,$$

където:

$$R_9 = \begin{array}{c|ccc} & L_{26} & L_{27} & L_{28} \\ \hline L_{24} & false & false & true \\ \hline L_{18} & false & false & true \\ \hline L_{28} & w_{28,26} & w_{28,27} & w_{28,28} \end{array},$$

където:

- $w_{28,26} =$ „налично е триелементно ч-множество“;
- $w_{28,27} =$ „налично е триелементно р-множество“;
- $w_{28,28} = \neg(w_{28,26} \wedge w_{28,27})$.

Ядрата, влизащи в позиции L_{26} и L_{27} , получават характеристики „триелементно ч-множество“ в позиция L_{26} и „триелементно р-множество“ в позиция L_{27} . Ядрата, постъпващи в позиция L_{28} , не получават нова характеристика.

Преходът Z_{10} има вида:

$$Z_{10} = \langle \{L_{26}, L_{19}, L_{31}\}, \{L_{29}, L_{30}, L_{31}\}, R_{10}, \vee(L_{26}, L_{19}, L_{31}) \rangle,$$

където:

$$R_{10} = \begin{array}{c|ccc} & L_{29} & L_{30} & L_{31} \\ \hline L_{26} & false & false & true \\ L_{19} & false & false & true \\ L_{31} & w_{31,29} & w_{31,30} & w_{31,31} \end{array},$$

където:

- $w_{31,29}$ = „има асоциативно правило за изчисляване на подкрепа“;
- $w_{31,30}$ = „има асоциативно правило за изчисляване на доверие“;
- $w_{31,31} = \neg(w_{31,29} \wedge w_{31,30})$.

Ядрата, влизащи в позиции L_{29} и L_{30} , получават характеристики съответно „асоциативни правила за изчисляване на подкрепа“ в позиция L_{29} и „асоциативни правила за изчисляване на доверие“ в позиция L_{30} .

Ядрата, постъпващи от позиция L_{26} с характеристика „триелементни ч-множества“ и от позиция L_{19} с характеристика „двueleментни ч-множества“, попадат в позиция L_{31} и не променят характеристиките си.

Преходът Z_{11} има вида:

$$Z_{11} = \langle \{L_{29}, L_{44}, L_{33}\}, \{L_{32}, L_{33}\}, R_{11}, \vee(L_{29}, L_{44}, L_{33}) \rangle,$$

където:

$$R_{11} = \begin{array}{c|cc} & L_{32} & L_{33} \\ \hline L_{29} & false & true \\ L_{44} & false & true \\ L_{33} & w_{33,32} & w_{33,33} \end{array},$$

където:

- $w_{33,32}$ = „изчислена е подкрепа за асоциативно правило“;
- $w_{33,33} = \neg w_{33,32}$.

Ядрата, влизащи в позиция L_{32} , получават характеристика „правила с изчислена подкрепа за сравняване с минимален праг на подкрепа“. Ядрата от позиции L_{29} и L_{44} влизат в позиция L_{33} без да променят характеристиките си.

Преходът Z_{12} има следния вид:

$$Z_{12} = \langle \{L_{36}, L_{32}, L_{41}\}, \{L_{38}, L_{39}, L_{40}, L_{41}\}, R_{12}, \vee(\wedge(L_{36}, L_{32}), L_{41}) \rangle,$$

където:

$$R_{12} = \begin{array}{c|cccc} & L_{38} & L_{39} & L_{40} & L_{41} \\ \hline L_{36} & false & false & false & true \\ L_{32} & false & false & false & true \\ L_{41} & w_{41,38} & w_{41,39} & w_{41,40} & w_{41,41} \end{array},$$

където:

- $w_{41,38}$ = „налично е правило, удовлетворяващо минимален праг на подкрепа и преди това удовлетворило минимален праг на доверие“;
- $w_{41,39}$ = „налично е правило неудовлетворяващо минимален праг на подкрепа“;

- $w_{41,40}$ = „налично е правило удовлетворяващо минимален праг на подкрепа, нуждаещо се от проверка за минимален праг на доверие“;
- $w_{41,41} = \neg(w_{41,38} \wedge w_{41,39} \wedge w_{41,40})$.

Ядрата, влизаци в позиции L_{38} , L_{39} и L_{40} , получават характеристики съответно „асоциативно правило, удовлетворило минималния праг на подкрепа и минималния праг на доверие“ в позиция L_{38} , „асоциативно правило, неудовлетворило минималния праг на подкрепа“ в позиция L_{39} и „асоциативно правило, удовлетворило минималния праг на подкрепа, нуждаещо се от изчисляване на доверие“ в позиция L_{40} .

Ядрата, постъпващи в позиция L_{41} (от позиции L_{36} и L_{32}), не променят своята характеристика.

Преходът Z_{13} има следния вид:

$$Z_{13} = \langle \{L_{40}, L_{30}, L_{35}\}, \{L_{34}, L_{35}\}, R_{13}, \vee(L_{40}, L_{30}, L_{35}) \rangle,$$

където:

	L_{34}	L_{35}
L_{40}	<i>false</i>	<i>true</i>
L_{30}	<i>false</i>	<i>true</i>
L_{35}	$w_{35,34}$	$w_{35,35}$

където:

- $w_{35,34}$ = „Изчислено е доверие за асоциативно правило“;
- $w_{35,35} = \neg w_{35,34}$.

Ядрата, постъпващи в позиция L_{34} , получават характеристика „асоциативно правило с изчислено доверие за проверка с минимален праг на доверие“.

Ядрата, влизаци в позиция L_{35} (от позиции L_{30} и L_{40}), не променят своята характеристика.

През позиция L_{37} в обобщената мрежа постъпват ядра с характеристика „минимален праг на доверие“.

Преходът Z_{14} има вида:

$$Z_{14} = \langle \{L_{37}, L_{34}, L_{45}\}, \{L_{42}, L_{43}, L_{44}, L_{45}\}, R_{14}, \vee(\wedge(L_{37}, L_{34}), L_{45}) \rangle,$$

където:

	L_{42}	L_{43}	L_{44}	L_{45}
L_{37}	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>
L_{34}	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>false</i>	<i>true</i>
L_{45}	$w_{45,42}$	$w_{45,43}$	$w_{45,44}$	$w_{45,45}$

където:

- $w_{45,42}$ = „налично е правило, неудовлетворяващо минимален праг на доверие“;
- $w_{45,43}$ = „налично е правило, удовлетворяващо минимален праг на доверие и преди това удовлетворило минимален праг на подкрепа“;
- $w_{45,44}$ = „налично е правило, удовлетворяващо минимален праг на доверие, нуждаещо се от проверка за минимален праг на подкрепа“;
- $w_{45,45} = \neg(w_{45,42} \wedge w_{45,43} \wedge w_{45,44})$.

Ядрата, влизащи в позиции L_{42} , L_{43} и L_{44} , получават характеристики, съответно, „асоциативно правило, неудовлетворяващо минимален праг на доверие“ в позиция L_{42} , „асоциативно правило, удовлетворило минимален праг на доверие за генериране на силно асоциативно правило“ в позиция L_{43} и „асоциативно правило, удовлетворило минимален праг на доверие, за изчисляване на подкрепа“ в позиция L_{44} .

Ядрата, постъпващи в позиция L_{45} (постъпващи от позиции L_{34} и L_{37}), не променят своята характеристика.

Преход Z_{15} има вида:

$$Z_{15} = \langle \{L_{43}, L_{38}, L_{47}\}, \{L_{46}, L_{47}\}, R_{15}, \vee(L_{43}, L_{38}, L_{47}) \rangle,$$

където:

$$R_{15} = \begin{array}{c|cc} & L_{46} & L_{47} \\ \hline L_{43} & false & true \\ L_{38} & false & true \\ L_{47} & w_{47,46} & w_{47,47} \end{array},$$

където:

- $w_{47,46} =$ „налично е крайно (или силно) асоциативно правило“;
- $w_{47,47} = \neg w_{47,46}$.

Ядрата, постъпващи в позиция L_{46} , получават характеристика „силно асоциативно правило“. Ядрата в позиция L_{47} (постъпващи от позиции L_{43} и L_{38}), не променят своите характеристики.

3. Заключение

В статията е проучен и моделиран процеса на изграждане на асоциативни правила чрез т.нар. алгоритъм A priori. За съставянето на модела е използван апаратът на обобщените мрежи. Асоциативните правила се използват за изследване на скритите зависимости между елементите в големи обеми данни. Едно от основните им приложения е в изследването на потребителското поведение. С тяхна помощ могат да бъдат предвидени бъдещи ч-елементи след проучване на предходни такива.

Обобщеномрежовият модел описва стандартните стъпки от процеса на съставяне на асоциативни правила, като към него впоследствие може да бъде добавен праг на насищане, посочващ състоянието, в което един ч-елемент ще бъде заменен с друг, който в миналото е бил многократно предпочитан. Към процеса е възможно да бъде добавен и заместващ ч-елемент на липсващ такъв, който е бил първоначално търсен.

Литература

- [1] Atanassov, K. *Generalized Nets*, World Scientific. Singapore, 1991.
- [2] Atanassov, K. *On Generalized Nets Theory*. Prof. M. Drinov Academic Publishing House, Sofia, 2007.

- [3] Atanassova, V. Ifigenia – Doing IFS and GN the wiki way, *Advances in Fuzzy Sets, Intuitionistic Fuzzy Sets, Generalized Nets and Related Topics. Volume 2: Applications*, EXIT Publ. House, Warsaw, Poland, 2008, 13–18.
- [4] Berry, M., M. Browne, *Lecture Notes In Data Mining*, World Scientific Publishing, 2006.
- [5] Cios, K., W. Pedrycz, R. Swiniarski, L. Kurgan, *Data Mining: A Knowledge Discovery Approach*, Springer, 2007.
- [6] Larose, D. *Discovering Knowledge in Data. An Introduction to Data Mining*, John Wiley & Sons, 2005.
- [7] Orozova, D., E. Sotirova, Generalized net model of the applying data mining tools, *Proc. of the Tenth International Workshop on Generalized Nets*, Sofia, 2009, 22–26.
- [8] Rajaraman, A., J. Ullman, Mining of Massive Datasets, 2010–2011, <http://infolab.stanford.edu/~ullman/mmds/booka.pdf>.
- [9] Sotirova, E., D. Orozova, Generalized net model of the phases of the data mining process, *Developments in Fuzzy Sets, Intuitionistic Fuzzy Sets, Generalized Nets and Related Topics. Vol. II: Applications*, Warsaw, Poland, 2010, 247–260.
- [10] Sotirova, E., K. Dimitrova, R. Papancheva, A Generalized Net Model for Analysis of a Student’s Evaluations by Data Mining Techniques in the e-Learning university, *Proc. of the Tenth International Workshop on Generalized Nets*, Sofia, 2009, 41–46.
- [11] Sumathi, S., S. Sivanandam, *Introduction to Data Mining and its Applications*, Springer, 2006.