

УДК 004.8

О.Ж.Бабомурадов, Н.О.Рахимов, З.Б.Юлдашев

БИЛИМЛАР БАЗАСИДА УЧРАЙДИГАН ТУЗИЛМАВИЙ ХОТАЛИКЛАРНИ БАРТАРАФ ЭТИШ ЁНДАШУВЛАРИ

Мақолада продукцион тизимларни шакллантириш ҳамда интеллектуал хусусиятли электрон ахборот ресурсларда продукцион моделига асосланган билимларни акс эттириш ҳамда билимлар базасида учрайдиган тузилмавий хоталикларни бартараф этиш ёндашувлари ва алгоритми баёни келтирилган. Бу ёндашув ҳамда алгоритмлар ёрдамида продукцион билимлар базасидаги қоидалар сонининг ортиб кетиши сабаб вужудга келувчи салбий ҳолатларни бартараф этиш асосланган. Юзага келадиган қоидалардаги тузулмавий хоталикларни бартараф этиш графлар ёрдамида тавсифланган бўлиб, тақлиф этилган ёндашув ва алгоритмлар ахборот ресурсларидаги билимларнинг ишончлилигини оширишга хизмат қилувчи верификацияда қўлланилиши мумкинлиги келтирилган.

Таянч иборалар: электрон ахборот ресурс, билимлар базаси, продукцион билимлар базаси, граф, қоидалар, далиллар, хоталиклар, хулосалаш занжири, ортиқчалик, тўлиқмас, зиддиятлар.

Кириш. Жаҳонда ахборотга бўлган эҳтиёж кун сайин ортиб бормоқда. Бу тўпланаётган ахборотларга ишлов бериш натижасида катта ҳажмли маълумотларга эга бўлган электрон ахборот ресурсларида (ЭАР) маълумотларни қайта ишлаш муаммоси долзарб масалалардан бири ҳисобланиб, унда интеллектуал элементли ЭАР ишлаб чиқиш талабини ортишига сабаб бўлмоқда.

Қарорларни қабул қилишда интеллектуал тизимлари бир қатор соҳаларда қўлланилади, жумладан: саноат, тиббиёт, илмий-тадқиқот фаолияти, таълим ва ҳ.к. [1-4]. Ҳозирги вақтда бундай тизимлар муҳим тармоқларда турли вазифаларни бажариш учун қўлланилмоқда, бу эса уларнинг ишончилиги бўлган талаблар ортишига олиб келади. Бунда ЭАРнинг марказий бўғини бўлган интеллектуал тизимлардаги билимлар базасининг сифатини таъминлаш алоҳида ўрин тутаяди, шу билан бирга ҳозирги кунга келиб уларни сошлаш усуллари ҳали тўлалигича шаклланмаган. Кўп ҳолларда сошлаш жараёни билан экспертлар шуғулланишади, бу эса ишлаб чиқиш баҳосининг ошишига таъсир кўрсатади ва билимлар базасида (ББ) хатолар йўқлигига кафолат бермайди.

[5-10] да ББ сошлаш, уларнинг тўлиқлиги ва тўғрилигини текшириш учун турли ёндашувлар келтирилган. Билимлардаги баъзи хатолар фақатгина тестлаш жараёнида аниқланиши мумкин. Шу билан бирга билимлар тузилмаси билан боғлиқ бир қатор тузилмавий хатолар деб ном олган хоталиклар ББ статик сошлаш босқичида аниқланиши ва бартараф қилиниши мумкин.

Тузилмавий хоталикларнинг йўқлиги ҳосил қилинадиган билимларда хатолар йўқлигига кафолат бермайди, аммо қарорлар қабул қилиш самарадорлигини ББ статик тўғрилиги ва қарор қабул қилишга кетадиган вақтнинг маълум камайиш ҳисобига оширади. Шунинг учун ББ сошлашининг биринчи босқичида статик сошлаш амалга оширилиши зарур.

[5-14] тадқиқотлар натижасига кўра ББ маълум тузилмавий хоталик келтирилган ва уларни бартараф қилиш алгоритмларига таърифлар келтирилган, аммо хатоларни формаллаштириш (расмийлаштириш) фақатгина қисман амалга оширилган.

Верификациянинг энг машҳур автоматлашган воситаларига NuSMV, SPIN, Bogor [15-16] дастурий таъминоти эътироф этилади. Ушбу дастур ўз ривожланишида бир неча босқичлардан ўтган бўлиб, продукцион ББ маълум синфи учун бир қатор тузилмавий хатоларни аниқлаш имконини беради ҳамда таркибида NuSMV, SPIN, Bogor дастурлаш тилига эга.

Ушбу ишда продукцион билимлар базасининг тузилмавий хатолари умумлаштирилган бўлиб, унда ББ тузилмаларининг автоматик верификацияси учун қўлланиши мумкин бўлган формал ёндашувлар тақлиф этилган.

Продукцион тизимларда хулоса чиқаришни бошқариш.

Интеллектуал элементли ЭАРни шакллантиришда кенг қўлланилувчи модел бу продукцион модел ҳисобланади [6]. Продукцион модел асосини қоидалар ташкил этади ва қуйидагича ифодаланади:

*R : Агар A, у ҳолда B ёки
Агар A, у ҳолда B, акс ҳолда C*

R қоида интеллектуал ахборот тизимларидаги асосланган далиллар орқали хулосалаш механизмини шакллантириш имконини беради. Бу эса дастлабки шакллантирилган қоида ядроси атрофида ихтиёрий ўлчамдаги қоидалар базасини яратишни таъминлайди. Бундай қоидалар ҳосил қилинаётган билимлар базаси сифатини оширишга хизмат қилади.

Продукцион моделлар билан ифодаланган билимларга ишлов бериш учун маълумотлар ва билимлар базасидан тузилган продукцион тизимлар ҳамда мантикий хулосалаш механизм модулидан фойдаланилади. Продукцион тизимларнинг тузилмавий-функционал ташкил этилишининг муҳим вазифаси уларга модификация, долзарблаштириш, тўлдириш, шунингдек продукция қоидаларнинг тўғрилиги ва верификациясини текшириш, яъни тадқиқ қилинаётган муаммоли соҳа билимлар моделларининг адекватлиги даражасини баҳолаш имкониятларини беришдир. Верификация ББда бир маънолик, тўлиқлик ва

етарлилик билан белгиланадиган қоидалар синтаксик ва семантик тўғрилигини текширишни кўзда тутлади.

Умумий кўринишда продукцион тизим қуйидаги кўринишдаги қоидалар йиғиндиси ёрдамида белгиланади:

Агар A_1 , у ҳолда B_1 , акс ҳолда...

...

Агар A_n , у ҳолда B_n

унда:

A – маълум вазиятнинг изоҳи, B – ушбу вазиятда бажарилиши керак бўлган ҳаракатлар йиғиндиси.

Қоиданинг чап қисми *антецедент* деб ном олган (LHS – Left Hands Side), ўнг томони – *консеквент* (RHS – Right Hands Side).

Продукцион тизим масалани ечиш жараёнини бошқаришни намуна билан таққослаш асосида бошқаришни таъминлайди. Тузилмавий жиҳатдан тизим продукцион қоидалар тўплами, ишчи хотира ва “таниб олиш - ҳаракат” бошқариш цикли.

Продукция – бу "шарт-ҳаракат" жуфтлик бўлиб, масалани ечиш учун зарур билимлар порциясини белгилайди.

Қоиданинг шартли қисми – бу мазкур қоида масаланинг бирор-бир босқичини ечим учун қўлланилишини белгилловчи намуна (шаблон).

Ҳаракат қисми – масала ечилишининг тегишли қадамини белгилайди.

Ишчи хотира (working memory) – мулоҳазалар жараёнида жорий ҳолатининг изоҳига эга. Ушбу изоҳ масалани ечишда тегишли ҳаракатлар танлаш мақсадида продукция шартли қисми билан таққосланадиган намуна ҳисобланади. Агар маълум қоиданинг шarti ишчи хотиранинг таркибига мос келса, у ҳолда ушбу шарт билан боғлиқ ҳаракат амалга оширилиши мумкин. Продукцион қоидаларнинг ҳаракатлари ишчи хотиранинг мазмунининг ўзгартирилиши учун мўлжалланган.

Зиддиятли тўплам (conflict set) ёки *агенда* – бажарилиш учун тайёр қоидалар йиғиндиси.

Продукцион тизимларда хулоса чиқаришнинг иккита асосий усуллари мавжуд: тўғри ва тесқари.

Тесқари хулоса чиқаришида тизим ечимни мақсадли ўзгарувчан қийматини аниқлаш ҳаракатидан бошлайди. Бунинг учун қоидалар тўплами кўриб чиқилади ҳамда зарур мақсадга эришиш (мақсадли ўзгарувчанга аниқ қийматни белгилаш) мумкин бўлган қоидани излаш амалга оширилади. Бундай қоида топилгандан сўнг, унинг антецедентнинг ҳақиқийлиги текширилади. Жўнатмаларда мавжуд предикатлар жорий мақсад (кичик мақсад) бўлиб қолиши ҳамда хулоса чиқариш рекурсив ҳолда давом эттирилади. Тесқари хулоса чиқариш Prolog дастурлаш тилида ишлатилган [17].

Тўғри хулоса чиқариши қўлланилганда қайта ишлаш жўнатмалардан хулосага қараб бажарилади. Мазкур алгоритм бўйича мантикий хулосалар чиқариш машинаси (МХЧМ) интерпретатори ишлайди.

1-расмда таққослаш процедураси билимлар базасида (ББ) қоидалар антецедентда мавжуд шартларни (предикатларни) маълумотлар базасидаги фактлар билан таққосланиши келтирилган.



1-расм. Таққослаш процедураси.

Таққосланиши муваффақиятли ўтган қоидалар агендага (зиддиятли тўплам - ЗТ). Сўнгра зиддиятларни ҳал қилиш қоидалар (ЗХҚК) асосида битта фаоллаштириладиган қоида (ФК) танлаб олинади. Бу қоида ишга тушади, унинг натижасида МБ га янги фактлар ва МХЧМ иш цикли такрорланади.

Продукцион модел кўпинча продукциялар тўпламида киритиладиган маълум тартиб билан тўлдирилади, бу эса мантикий хулоса чиқариш механизмини соддалаштиради. Шунингдек, тартиб бўйича навбатдаги продукция фақатгина ундан олдин келган продукцияларни қўллаш бўйича уринишлардан сўнг қўлланилади. Продукцион моделга шунга ўхшаш таъсирга продукциялар устувор йўналишларидан фойдаланиш эга бўлиши мумкин, бу эса биринчи навбатда устуворлик жиҳатдан биринчи саналган продукция қўлланиш керак эканлигини билдиради.

Продукцион моделнинг ички зиддиятларнинг ошиб бориши истиснолар ва қайтишлар механизмларни киритиш орқали чекланиши мумкин. Истиснолар механизмида махсус истисно-қоидалар киритилади. Умумлаштирилган қоидаларга қараганда уларга юқори аниқлик (конкретлик) ҳосил. Истисно мавжудлигида асосий қоида қўлланилмайди. Қайтишлар механизмида хулоса чиқаришнинг бирор-бир босқичида хулоса чиқариш жараёни зиддиятга олиб келганда ҳам жараён давом эттирилиши мумкин. Фақат олдин қабул қилинган фикрлардан воз кечиш ҳамда олдинги ҳолатга қайтишни амалга ошириш зарур.

Продукцион тизимлар қуйидаги афзалликларга эга: билимларни ҳосил қилиш модуллиги, билимларнинг мустақил қисмларини ифодаловчи қоидалар мустақиллиги, ББда билимлар модификациялар соддалиги ва табиийлиги, алоҳида предметли билимларнинг бошқарув билимлардан ажратилиши, бу эса турли бошқарув стратегияларни қўллашга ҳамда турли иловалар учун умумий бошқариш механизмларини яратишга имкон беради.

Продукцион тизимларнинг асосий камчиликлари қуйидагилар: Продукцион модель шундай камчиликка эгаки, унда кўп сонли продукцияларни (тахминан бир

неча юзлаб) тўплаганда улар бир-бирига зид бўлиши мумкин.

АГАР А БЎЛСА Б шаклидаги импликациялар асосида қоидалар кўринишдаги билимларга асосан продукцион модели курилади. Бундай тақдим қилишнинг соддалиги уни махсус тайёргарлик

кўрмасдан тушунишга имкон беради, фақатгина импликация операциянинг ўзига хосликларини билиш кифоя (Б дан А келиб чиқмайди ва ¬А дан ¬Б келиб чиқмайди, аммо ¬Б дан ¬А келиб чиқади). Продукцион модел асосан 1-жадвалда келтирилган импликация операторлари ёрдамида курилади.

1-жадвал.

Импликация операторлари жадвали

Заде импликациялар оператори	$x \rightarrow y = \max_{ZAD}(\min(x, y), 1 - x)$
Мамдани импликациялар оператори	$x \rightarrow y = \min_{MAM}(x, y)$
Лукасиевич импликациялар оператори	$x \rightarrow y = \min_{LUK}(1, 1 - x + y)$
Гедел импликациялар оператори	$x \rightarrow y = \begin{cases} 1, & \text{агар } x \leq y \\ y, & \text{қолган ҳолларда} \end{cases}$
Алиев-Церковний импликациялар оператори	$x \rightarrow y = \begin{cases} 1 - x, & x < y \\ 1, & x = y \\ y, & x > y \end{cases}$
Алиев-Церковний импликациялар оператори	$x \rightarrow y = \begin{cases} 1, & x \leq y \\ \min(1 - x, y), & x > y \end{cases}$
Алиев-Церковний импликациялар оператори	$x \rightarrow y = \begin{cases} 1, & x \leq y \\ \frac{y}{x + (1 - y)}, & x > y \end{cases}$
Клеен-Диенес импликациялар оператори	$x \rightarrow y = \max_{KLE}(1 - x, y)$
Гогуен импликация оператори	$x \rightarrow y = \begin{cases} 1, & \text{агар } x = 0 \\ \min(1, y / x), & \text{қолган ҳолларда} \end{cases}$
Гаинес-Ресчер импликациялар оператори	$x \rightarrow y = \begin{cases} 1, & \text{агар } x \leq y \\ 0, & \text{қолган ҳолларда} \end{cases}$
Реиченбач импликациялар оператори	$x \rightarrow y = 1 - x + xy$
Ларсен импликациялар оператори	$x \rightarrow y = x \times y$

Продукцион ББда қоидалар сони ортиб борган сари айрим муаммолар юзага чиқа бошлайди. Шу муаммолардан бири, ББдаги қоидаларни шакллантиришда юзага келадиган тузилмавий хатоларни бартараф этиш ҳисобланади. Мақоланинг кейинги бўлимида ББда ўчрайдиган хатоларни бартараф этиш ёндашувлари қараб ўтилган.

Продукцион билимлар базасида тузилмавий хатоларни формаллаштирилиши.

Юқорида келтирилганлар асосида интеллектуал тизимларда ББ акс этиришда энг кўп тарқалган усули бу продукцион усули асосланган. Продукцион ББни қуйидаги кўринишда тасвирлаш мумкин [2,5-6]:

$$P = (F, R, G, C, I), \quad (1)$$

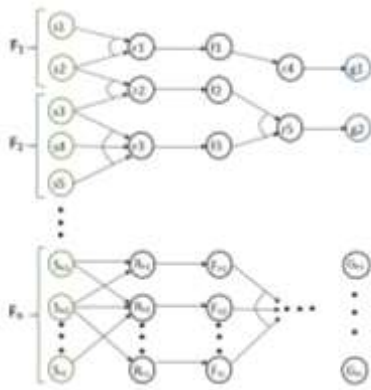
бунда F – ечилаётган муаммо ҳақидаги далиллар тўплами; R –

$$r_m: \text{агар } f_i \text{ ва } f_j \dots \text{ ва } f_n \text{ у ҳолда } f_k, \quad (2)$$

турдаги қоидалар тўплами. G – мақсадлар тўплами; C – рухсат этилган далиллар комбинациялар тўплами; I – хулосалашни амалга оширувчи қоидалар интерпретатори.

S – кириш далилларининг тўпламлар жамланмаси, яъни интеллектуал тизимда фойдаланувчи томондан ўрнатиладиган далиллар тўплами бўлсин, $S \subset F$.

У ҳолда билимлар базаси ВА/ЁКИ граф кўринишида тасвирланиши мумкин (2-расм).



2-расм. Билимлар базасининг ВА/ЁКИ графи.

ББ куйидаги коидалар кўринишига эга бўлсин:

$$r_i: \text{агар } \bigcup_{y=0}^{k_i} S_i \text{ у ҳолда } f_i \quad k_i = \overline{2, 3, \dots, n} \quad (3)$$

(3) кўринишда келтирилган r_i турдаги коидани

$$\text{агар } f_{r_{i1}} \text{ ва } f_{r_{i2}} \dots f_{r_{im}} \text{ у ҳолда } f_{r_{im}} \quad (4)$$

куйидаги жуфтлик кўринишда тасвирлаш мумкин:

$$r_i = (D_{r_i}; Q_{r_i}), \text{ бунда } D_{r_i} = \{f_{r_{i1}}, f_{r_{i2}}, \dots, f_{r_{im}}\} \text{ ва } Q_{r_i} = \{f_{r_{im}}\}.$$

Ушбу ифодадан кўриниб турибдики, Q_{r_i} ягона бўлган q_{r_i} элементдан ташкил топган.

1-Таъриф. Агар $\forall r_{ik}, r_{i(k+1)}$, учун $q_{r_{ik}} \in D_{r_{i(k+1)}} \quad (k = \overline{2, (n-1)})$ бўлса, у ҳолда

$(r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{in})$ коидалар кетма – кетлиги l_i –хулосалаш дейилади.

У ҳолда, 1-расмда келтирилган $L = \{l_1, l_2, l_3, l_4, l_5, l_6, l_7, l_8\}$, куйидагича бўлади: $l_1 = (r_1)$; $l_2 = (r_2)$; $l_3 = (r_3)$; $l_4 = (r_4)$; $l_5 = (r_5)$; $l_6 = (r_1, r_4)$; $l_7 = (r_2, r_5)$; $l_8 = (r_3, r_5)$.

2-Таъриф. Агар биринчи коидани бажариш шартида далиллар тўплами $D_{r_{i1}} = D_{r_{i2}}$ бўлса, у ҳолда l_i хулосалаш $(r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{in})$ турдаги занжирнинг бошланғич қисми дейилади.

3-Таъриф. l_i хулосалаш $(r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{in})$ турдаги занжирнинг якуни дейилади, агар сўнгги коиданинг натижаси $Q_{r_{in}} = Q_{r_{i1}}$ бўлса.

4-Таъриф. Агар ВА/ЁКИ графини таҳлил қилиш мобайнида аниқланадиган хато бўлса, продукцион ББдаги тузилмавий хатоси деб аталади. ББда тузилмавий хатолари мавжуд бўлмаса статик коррект дейилади. 3-расмда тузилмавий хатоларнинг таснифи келтирилган.

Ортиқча синфга хос хатоликларнинг формал моделларини батафсил қараб ўтилади.

5-Таъриф. r_i ва r_j коидалар дубликати дейилади агар $D_{r_i} \cap D_{r_j} \neq \emptyset$ ва $q_{r_i} = q_{r_j}$ бўлса.

Дубликатлар 3 турга ажратилади. Булар: қўшулчи, тўлик ва тўлик бўлмаган дубликатлар.

6-Таъриф. r_i ва r_j коидалар қўшулчи дубликатлар дейилади агарда $D_{r_i} \subset D_{r_j}$ бўлиб $D_{r_i} \neq D_{r_j}$ ва $q_{r_i} = q_{r_j}$ бўлса. Бунда r_i қўшулчи коида.

Бу каби ҳолатларни хатони баргараф қилиш учун қўшулчи дубликатдан ташқари барча дубликат коидаларни ўчириш зарур бўлади.

7-Таъриф. Агар $D_{r_i} = D_{r_j}$ ва $q_{r_i} = q_{r_j}$ бўлса, у ҳолда r_i ва r_j коидалар тўлик дубликатлар дейилади. Бундай ҳолда ечим битта дубликатдан ташқари барча дубликатларни ўчириш орқали ҳал этилади.

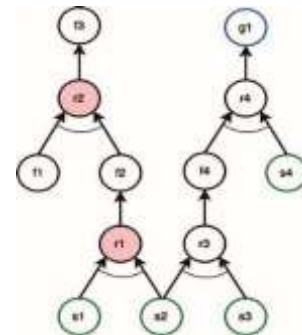
8-Таъриф. Агар $D_{r_i} \cap D_{r_j} \neq \emptyset$, $q_{r_i} = q_{r_j}$, $D_{r_i} \setminus D_{r_j} \neq \emptyset$ ва $D_{r_j} \setminus D_{r_i} \neq \emptyset$ бўлса, у ҳолда r_i ва r_j тўлиқмас дубликатлар деб аталади.

“Тўлиқмас дубликатлар” туридаги хатоларни тузатишнинг универсал усули мавжуд эмас. Бунда ҳар бир аниқ вазиятда керакли тўғирлаш эксперт томонидан амалга оширилади. **9-Таъриф.** Агар $q_{i1} \in G$ ва $\neg \exists l_j$ бўлиб $q_{i1} \in D$ ва $q_{ij} \in G$ q_{i1} бўлса, у ҳолда хулосалашнинг l_i занжири ортиқча дейилади,

4-расмда хулосалашнинг $l_1 = (r_1, r_2)$ ортиқча занжирига мисол келтирилган:

$$\begin{aligned} r_1: \text{агар } s_1 \text{ ва } s_2, \text{ у ҳолда } f_2; \\ r_2: \text{агар } f_1 \text{ ва } f_2, \text{ у ҳолда } f_3; \\ q_{i1} = f_3; \\ f_3 \in G. \end{aligned}$$

Хулосалашнинг ортиқча занжири ББдан ўчирилиши мумкин.



4-расм. Хулосалашнинг ортиқча занжири

10-Таъриф. Агар $\forall r_{ij}, |D_{r_{ij}}| = 1 \quad j=1, \dots, n$ бўлса, у ҳолда $(r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{in})$ турдаги l_i хулосалашнинг муҳим бўлмаган занжири деб аталади.

Хулосалашнинг муҳим бўлмаган занжири: ошқора ва яширин бўлади.



3-расм. Продукцион ББ тузулмавий хатолар таснифи.

11-Таъриф. Агар $r_j = (D_{i_j}; Q_{i_j})$ учун бўлса $\exists l_j$ хулосалашнинг муҳим бўлмаган занжири l_j ошкора деб аталади.

Ошкора занжир ББдан ўчирилиши мумкин.

12-Таъриф. Агар $r_j = (D_{i_j}; Q_{i_j})$ учун $\neg \exists r_j$ бўлса, у ҳолда хулосалашнинг муҳим бўлмаган занжири l_j яширин деб аталади.

Хулосалашнинг муҳим бўлмаган занжири катта хато ҳисобланмайди, бироқ аввалги ва кейинги коидаларга маълумот киритиш эвазига оптималлаштириш мумкин.

13-Таъриф. r_m коиданинг $r_m = (D_{r_m}; Q_{i_j})$ каби яратилиши ҳамда l_i ва r_n ларнинг ББдан ўчирилиши хулосалашнинг муҳим бўлмаган l_i занжирини олдинги r_n коидасига маълумот киритиш дейилади.

14-Таъриф. Агар $q_{i_j} \in D_{r_n}$ бўлса, у ҳолда $r_m = (D_{r_n} - q_{i_j}) \cup D_{i_j}; Q_{r_n}$ каби r_m коиданинг яратилиши ҳамда l_i ва r_n ББ ўчирилиши хулосалашнинг муҳим бўлмаган l_i занжирини кейинги r_n коидасига маълумот киритиш дейилади.

Хулосалашнинг коррект бўлмаган занжирлари 2 хил бўлади:

1. кириш бўйича ортиқча занжирлар;
2. чиқиш бўйича ортиқча занжирлар.

15-Таъриф. Агар $D_{i_j} \cap G \neq \emptyset$ бўлса, у ҳолда хулосалаш занжири l_i кириш бўйича ортиқча деб аталади. Бундай ҳолда ечим кириш бўйича ортиқча занжирни ўчириш орқали ҳосил қилинади.

16-Таъриф. Агар $q_{i_j} \in S$ бўлса, у ҳолдахулосалаш занжири l_i чиқиш бўйича ортиқча дейилади. Хато чиқиш бўйича ортиқча занжирни ўчириш орқали бартараф этилади.

17-Таъриф. Агар $q_{i_j} \in D_{i_j}$ бўлса, хулосалаш занжири l_i цикл дейилади.

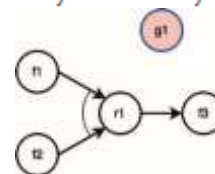
Цикл сезиларли хато ҳисобланади, аммо уни ўчириш учун нотўғри қоида автоматик тарзда танлаб олинмайди, шунинг учун тўғирлашдаги қарори бўйича бўйича қарорни эксперт қабул қилади. Хусусий ҳолда цикл оддий цикл ҳисобланади.

18-Таъриф. Агар $q_{r_i} \in D_{r_i}$ бўлса, у ҳолда r_i қоида оддий цикл деб аталади.

Оддий цикл ББдан ўчирилиши шарт.

Хатоларнинг “тўлиқмас” синфига ажратиб қўйилган чўққилар қиради.

19-Таъриф. $f_i \in FUG$ чўққиси ажратиб қўйилган дейилади, агарда $f_i \in D_{r_j}$ ёки $f_i \in Q_{r_j} \neg \exists r_j$ учун бўлса.

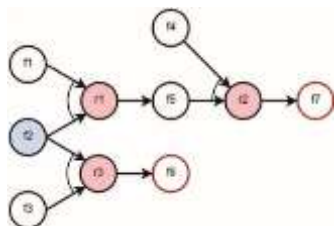


5-расм. Ажратиб қўйилган чўққи.

5-расмдаги g_1 чўққи ажратиб қўйилган ҳисобланади, чунки унга олиб борувчи қоидalar йўқ. Хатони бартараф этиш усули чўққининг турига боғлиқ: агар ажратиб қўйилган чўққи кириш далили ёки мақсад бўлса, у ҳолда қоидаларни қўшиш зарур бўлади, акс ҳолда чўққи ББ ўчирилиши мумкин.

“Зиддиятлар” синфига мос хатоликларини кўриб чиқамиз.

S – рухсат этилган далиллар комбинациялар тўплами бўлсин, у ҳолда $c_i = \{f_{c_{i1}}, f_{c_{i2}}, \dots, f_{c_{in}}\}$ бўлади. Хулосалаш занжирларини аниқлаш қуйидаги тартибда аниқланади.



6-расм. Хулосалашнинг зиддиятли занжирлари.

20-Таъриф. l_i ва l_j хулосалаш занжирлари зиддиятли дейилади, агарда $f_k \in D_{l_i}$ ва $f_k \in D_{l_j}$ учун $\exists f_k, q_{l_i} \in c_m$ ва $q_{l_j} \in c_m$ учун $\exists c_m$ бўлса.

6-расмда $l_1 = (r_1, r_2)$ ва $l_2 = (r_3)$ зиддиятли ҳисобланади:

- $D_{l_1} = \{f_1, f_2\}$;
- $q_{l_1} = \{f_7\}$;
- $D_{l_2} = \{f_2, f_3\}$;
- $q_{l_2} = \{f_6\}$;
- $D_{l_1} \cap D_{l_2} = f_2$;
- йўқ $c_k = (f_6, f_7)$.

Куйида [10] даги таърифлар алоҳида верификация масаласи алгоритми таклиф этилади.

Хулоса чиқаришда зиддиятли занжирдаги хатоликлар эксперт томонидан ёки далиллар комбинациясини қўшиш, қоидаларни ўзгартириш ёки ўчириш орқали тузатилади. Тузилмавий хатоларни тузатиш орқали ББ статик коррект ҳолга келтиради. Бу ББни соzлашнинг етарли шарти ҳисобланади. Катта ҳажмли ЭАРларида эга бўлган ЭАРда бошқа турдаги хатолар, мисол учун тестлаш ёрдамида аниқланмайдиган предмет соҳасининг ички зиддиятлари билан боғлиқ бўлган хатолар бўлмаслигига кафолат бермайди [5,10].

Юқорида келтирилган мулоҳазалардан фойдаланиб ЭАРда ББни шакллантиришдаги верификация масаласини ечишнинг куйидаги алгоритми таклиф этилди.

1-Қадам. S – далиллар тўплами киритилади.

2-Қадам. (3) турдаги қоида $r_i = (D_{r_i}; Q_{r_i})$ кўринишга ўтказилади.

3-Қадам. Агар $D_{l_i} = D_{r_{l_i}}$ шарти бажарилса, l_i хулосалаш $(r_{l_i1}, r_{l_i2}, \dots, r_{l_in})$ турдаги занжирнинг бошланғич қисми деб олинади.

4-Қадам. Агар қоидалар занжирида тузилмавий хатолик бўлса, продукцион ББда тузилмавий хатоликларга текширилади ҳамда 5-қадамга ўтилади;

5- Қадам. Агар хатолик мавжуд бўлмаса, статик коррект деб ҳисобланади ва 9-қадамга ўтилади.

6-Қадам. Ортикчалик синфига хос хатоликларга текширилади:

А) Агар $D_{r_i} \cap D_{r_j} \neq \emptyset$ ва $q_{r_i} = q_{r_j}$ шарт бажарилса, r_i ва r_j қоидалар дубликати бор деб қаралади ва куйидаги дубликатлар тури бўйича текширилади:

а) Агар $D_{r_i} \subset D_{r_j}$ бўлиб $D_{r_i} \neq D_{r_j}$ ва $q_{r_i} = q_{r_j}$ шартлар бажарилса, r_i ва r_j қоидалар қўшулувчи дубликат ҳосиблансин ҳамда r_i қўшулувчи қоида деб қаралади, хатоликни бартараф қилиш учун қўшулувчи дубликатдан ташқари барча дубликат қоидалар ўчирилади ҳамда б- қадамга ўтилади.

б) Агар $D_{r_i} = D_{r_j}$ ва $q_{r_i} = q_{r_j}$ бўлса, r_i ва r_j қоидаларда тўлиқ дубликатлар бор деб қаралади. Битта дубликатдан ташқари барча дубликатлар ўчирилади ҳамда в- қадамга ўтилади.

в) Агар $D_{r_i} \cap D_{r_j} \neq \emptyset$ ва $q_{r_i} = q_{r_j}$, $D_{r_i} \setminus D_{r_j} \neq \emptyset$ ва $D_{r_j} \setminus D_{r_i} \neq \emptyset$ бўлса, r_i ва r_j тўлиқмас дубликат бор деб қаралади. Хатоларни тузатиш ҳамда ҳар бир аниқ вазиятда керакли ўзгаришлар эксперт томонидан белгиланади ва Б-қадамга ўтилади.

Б) Қоидалар занжиридаги $q_{l_i} \in G$ ва $\neg \exists l_j$ ифода $q_{l_i} \in D$ ва $q_{l_j} \in G$ q_{l_i} каби бўлса хулосалашнинг l_i занжири ортикча деб топилади ҳамда хулосалашнинг ортикча занжири ББдан ўчирилади ва В-қадамга ўтилади.

В) Қоидалар занжирида $\forall r_{i,j}, |D_{r_{i,j}}| = 1$ ва $j=1, \dots, n$ бўлса, $(r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{in})$ турдаги l_i хулосалашнинг муҳим бўлмаган занжири деб қаралади ҳамда муҳим бўлмаган занжирлар тури бўйича текширилади:

а) $\exists l_j$ ифодаси $r_j = (D_{l_j}; Q_{l_j})$ каби бўлса, l_i хулосалашнинг муҳим бўлмаган занжири ошқора деб қаралади ҳамда ошқора занжир ББдан ўчирилади ва б-қадамга ўтилади.

б) $\neg \exists r_j$ ифодаси $r_j = (D_{l_j}; Q_{l_j})$ каби бўлса, у ҳолда хулосалашнинг муҳим бўлмаган занжири l_i яширин деб қаралади ҳамда кейинги қоидалар оптималлаштирилиши учун эксперт хулосасига тақдим этилади ва Г-қадамга ўтилади.

Г) Қоидалар хулосалашнинг муҳим бўлмаган l_i занжирини олдинги r_n қоидасига киритилади. Д-қадамга ўтилади

Д) Қоидалар занжирида r_m қоида яратилади ҳамда хулосалашнинг муҳим бўлмаган l_i занжирини кейинги r_n қоидасига киритилади ҳамда хатолик тури бўйича текширилади:

а) Агар $D_{l_i} \cap G \neq \emptyset$ бўлса, хулосалаш занжири l_i кириш бўйича ортикча олинади ҳамда хатони бартараф қилиш учун кириш бўйича ортикча занжири ББдан ўчирилади ва б-қадамга ўтилсин.

б) Агар $q_{l_i} \in S$ бўлса, хулосалаш занжири l_i чиқиш бўйича ортикча олинади ҳамда хатони бартараф қилиш учун чиқиш бўйича ортикча занжири ББдан ўчирилади. Е-қадамга ўтилади.

Е) Қоидалар занжирида $q_{l_i} \in D_{l_i}$ бўлса, хулосалаш занжири l_i цикл деб олинади ҳамда хатони бартараф қилиш бўйича қарор қутилади ва циклик хато турига текширилади:

а) Агар $q_{r_i} \in D_{r_i}$ бўлса, r_i қоидаи оддий цикл деб қаралади ҳамда оддий цикл ББдан ўчирилади ва 7-қадамга ўтилади.

7-Қадам. Тўлиқмас синфига ҳос хатоликларга текширилади:

А) $\neg \exists r_j$ ифодаси $f_i \in D_{r_j}$ ёки $f_i \in Q_{r_j}$ каби бўлса, $f_i \in FUG$ чўққиси ажратиб қўйилган деб олинади ҳамда эксперт томонидан зарурлигига қараб янги қоида қўшилади, акс ҳолда ББ ўчирилади 8-қадамга ўтилади.

8-Қадам. Зиддиятлар синфига ҳос хатоликларга текширилади:

А) C – руҳсат этилган далиллар комбинациялар тўплами киритилади ҳамда $c_i = \{f_{c_{i1}}, f_{c_{i2}}, \dots, f_{c_{im}}\}$ деб олинади. Б-қадамга ўтилади.

Б) $\exists f_k$, ифода $f_k \in D_{i_1}$ ва $f_k \in D_{i_2}$, и $\neg \exists c_m$ ҳамда $q_{i_1} \in c_m$ и $q_{i_2} \in c_m$ каби бўлса, хулосалаш занжирлари i_1 ва i_2 зиддиятли деб олинади ҳамда ББдан ўчирилади.

9-Қадам. Агар Зиддиятлар аниқланмаса далиллар ББ ёзилади ва текшириш тўхтатилади.

Қоидалар базасидаги хатоликлар ва зиддиятлар билан ишлаш самарадорлигини ошириш имконини берувчи алгоритм тузилмавий хатоларнинг формал модели статик сошлаш босқичида продукцион ББ тузилмасининг автоматик верификациясини ўтказиш учун асос сифатида хизмат қилади.

Адабиётлар

1. Бекмуратов Т.Ф., Дадабаева Р.А. Концепция построения стратегических систем поддержки принятия решений. Проблемы информатики. 2016. № 2 (31). С. 3-12.

2. Бекмуратов Т.Ф., Рахимов Н.О. Структурно-функциональная организация и корректность моделей знаний продукционных систем. Доклады Академии наук Республики Узбекистан, Вып. № 6. 2016. -С. 45-49.

3. Rahimov N.O. Structural and functional organization of business anaclitic systems. International Journal of Research in Engineering and Technology. India, 2016, Volume 5, Issue 7, P 94-96. e-ISSN: 2319-1163. p-ISSN: 2321-7308.

4. Бабомуродов О.Ж., Рахимов Н.О. Этапы извлечения знаний из электронных информационных ресурсов. Евразийский союз ученых. Международный научно-популярный вестник. Вып. № 10(19)/2015. –С. 130-133. ISSN: 2411-6467.

5. Долинина О.Н. Алгоритмы и методы разработки и отладки экспертных систем: монография. – Саратов: Саратовский гос. технический ун-т, 2015 – 225 с.

6. Рыбина Г.В., Смирнов В.В. Методы и алгоритмы верификации баз знаний в интегрированных экспертных системах // Известия РАИ. Теория и системы управления. – 2007. – № 4. – С. 91–102.

7. Cimatti A., Corvino R., Lazzaro A., Narasamdya I., Rizzo T., Roveri M., Sansevero A., Tchaltsev A.: Formal verification and validation of ERTMS Industrial Railway Train Spacing System. In Madhusudan, p., Seshia, S.A., eds.: CAV. volume 7358 of LNCS., Springer (2012). p. 378–393.

8. Cragun B.J. Stendel H.J. A decision-table-based processor for checking completeness and consistency in rule-based expert systems // Int. J. Man-Mach. Stud. – 1987. – vol. 26, № 5. – p. 633–648.

9. Dolinina O. Method of the Debugging of the Knowledge Bases of Intellectual Decision Making Systems / Advances in Intelligent Systems and Computing // proc. Of the 5th Computer Science On-line Conf. 2016 (CSOC2016), 2016. – vol. 3. – p. 301–315.

10. Долинина, О.Н. Формальные модели структурных ошибок в базах знаний интеллектуальных систем / О.Н. Долинина, А.Ф. Резчиков, Н.К. Сучкова // Современные наукоемкие технологии. 2017. № 3; URL: <http://www.top-technologies.ru/ru/article/view?id=36607> (дата обращения: 20.10.2017).

11. Ferrante O., Benvenuti L., Mangeruca L., Sofronis C., Ferrari A.: parallel NuSMV: A NuSMV Extension for the verification of Complex Embedded Systems / Ortmeier, F., Daniel, p., eds.: SAFECOMpWorkshops. volume 7613 of LNCS., Springer (2012). – p. 409-416.

12. Knauf R., Gonzalez A.J., Abel T. A framework for validation of rule-based systems / IEEE Trans Syst Man Cybern B Cybern. 2002; 32(3), p. 281–295.

13. Miller S.p., Whalen M.W., Cofer D.D. Software model checking takes off / Commun. ACM 53(2). (February 2010), P. 58–64.

14. Suwa H., Scott A.C., Shortliffe. An Approach to verifying Consistency and Completeness in a Rule-Based Expert System // Rule-Based Expert Systems. – London: Addison – Wesley, 1984. – p. 159–170.

15. Xu D., Kejian Xia, Dezheng Zhang, Huangsheng Zhang Model Checking the Inconsistency and Circularity in Rule-Based Expert Systems / Computer and Information Science. – 2009. – vol. 2, № 1. – p.12–17.

16. Чебатуркин А.А., Мазин М.А. Методы верификации конечных автоматов, взаимодействующих по акторной модели. - Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский гос. ун-т информационных технологий, механика и оптика. 2010, 46 с.

17. “NuSMV home page,” open source, [Online]. Available: <http://nusmv.fbk.eu/>. [Accessed 20 May 2018].

18. Братко И. Алгоритмы искусственного интеллекта на языке Prolog. 3-е издание. -Пер. с англ. — М.: Вильямс, 2001. — 640 с.: ил.

Бабомуратов Озод Жўраевич - Муҳаммад ал-Хоразмий номидаги ТАТУ, “Ахборот

технологияларининг дастурий таъминоти” кафедраси мудири, техника фанлари доктори.

E-mail: ozod_b_76@mail.ru

Рахимов Нодир Одилович - Муҳаммад ал-Хоразмий номидаги ТАТУ, “Информатика асослари” кафедраси мудири, техника фанлари номзоди. E-mail: r_nodir@mail.ru

Юлдашев Зафар - Муҳаммад ал-Хоразмий номидаги ТАТУ, “Ахборот технологияларининг дастурий таъминоти” кафедраси ассистенти.

Annotation: The article deals with the representation of knowledge based on product models in electronic information resources that have intellectual properties, as well as approaches and algorithms for eliminating

structural errors found in the knowledge base. The increase in the number of rules in the base of product knowledge with the help of this approach and algorithms is based on elimination of negative reasons. Elimination of structural errors in the emerging rules is characterized with the help of graphs, the proposed approaches and algorithms can be used in verification, which helps to increase the reliability of knowledge in information resources.

Key words: information systems, information resources, data base, knowledge base, production model, intelligent agent, logical inference, production rules.