

О новом варианте обобщенного ДСМ-метода автоматизированной поддержки научных исследований

Аннотация. В статье рассматривается новый вариант обобщенного ДСМ-метода автоматизированной поддержки научных исследований. Этот вариант ДСМ-метода АПНИ использует тернарные предикаты сходства (причина, множества тормозов, эффект) такие, что они содержат бинарные предикаты «причина-эффект» и явные определения тормозов.

Обсуждается возможность разбиения базы фактов для случаев истинности предикатов обобщенного метода и метода сходства с запретом на контрпримеры.

Ключевые слова: обобщенный ДСМ-метод, запрет на контрпримеры, тормоз причины.

1. Условия применимости обобщенного ДСМ-метода АПНИ

В [1] Д.С. Милль, формулируя основные идеи индуктивных рассуждений, предполагал, что условием применимости методов (канонов) индуктивного вывода являются как установление сходства рассматриваемых фактов, порождающего утверждения об отношении «причина – следствие (эффект)», так и отсутствие препятствий, противодействующих рассматриваемым кандидатам в гипотезы о причинах (этими препятствиями могут быть другие причины [2]).

Однако идея существования или несуществования препятствий в пяти известных правилах индуктивного вывода Дж. Гершеля – Д.С. Милля в формулировках этих правил не была выражена [1]. В [3] был предложен обобщенный ДСМ-метод автоматического порождения гипотез, одним из результатов которого является порождение гипотез о тернарном отношении причинности. Это отношение причинности представимо предикатом $T(V, \mathfrak{X}, W) - \langle V - \text{причина эффекта } W \text{ при отсутствии тормозов из множества } \mathfrak{X} \rangle$, где элементы из множества $\mathfrak{X}$ являются препятствиями в смысле Д.С. Милля.

Так как ДСМ-метод автоматизированной поддержки научных исследований зависит от наблюдаемых отношений в реальных эмпирических исследованиях, то идея тормоза (препятствия) возникла в результате примеров анализа данных в различных предметных областях. Такими примерами могут быть блокаторы для отношения «химическое соединение – рецептор» в задаче «структура – биологическая активность», защитные действия иммунной системы организма, моральные принципы или же боязнь нарушения закона в социальном поведении и т.п.

Таким образом, как первый вариант обобщенного метода [3], так и новый его вариант, представляемый в данной статье, осуществляют выявление тормозов в эмпирических данных баз фактов, которые являются «внутренними механизмами» блокирования эффектов, имеющих причины, содержащиеся в этих фактах.

В данной статье используются основные понятия ДСМ-метода АПНИ и формализованный язык JSM-L [4,5]. Перечислим особенности новой формализации обобщенного метода, использующего предикат $M_{ag}^{\sigma}(V, \mathfrak{X}, Y)$ ($\sigma \in \{+, -\}$), где V – переменная для кандидата в причины, $\mathfrak{X}$ – переменная для множества тормозов, Y – переменная для изучаемого эффекта.

Перечислим ниже особенности новой формализации предиката $M_{ag}^\sigma(V, \mathfrak{X}, Y)$, где $\sigma \in \{+, -\}$, отсутствующие в [3].

1. Новый вариант использует явное определение предиката $V \Rightarrow_2 Y$ (V – причина Y),
2. $M_{ag}^\sigma(V, \mathfrak{X}, Y)$ содержит также определение тормоза Z причины V посредством предиката $Ob^\sigma(Z, V)$,
3. $M_{ag}^\sigma(V, \mathfrak{X}, Y)$ содержит два экзистенциальных условия $(\exists Y_1)$ и $(\exists Y_2)$ и две эмпирические зависимости $(\exists Z_1)$ и $(\exists Z_2)$ для случаев отсутствия тормозов и их наличия, соответственно.
4. правила правдоподобного индуктивного вывода (п.п.в.-1) используют возможные комбинации предикатов $M_{ag}^\sigma(V, \mathfrak{X}, Y)$ и М-предикатов ($M_{x,n}^+(V, Y)$ и $M_{y,n}^-(V, Y)$) с отрицанием $\neg$ или без него, где $\sigma \in \{+, -\}$.

Существенно отметить, что предикаты $M_{ag}^\sigma(V, \mathfrak{X}, Y)$ и содержащие их п.п.в.-1 (правила индуктивного вывода) применимы тогда, когда (+)-примеры содержат (-)-причины и (-)-примеры содержат (+)-причины¹. В [6] были сформулированы тесты на применимость обобщенного ДСМ-метода, содержащего предикаты $M_{ag}^\sigma(V, \mathfrak{X}, Y)$.

Рассмотрим эти тесты:

$$(T_1^+) \exists m \exists V \exists X \exists Y (J_{(1,0)}(X \Rightarrow_1 Y) \& J_{(-1,m)}(V \Rightarrow_2 Y) \& (V \subset X))$$

$$(T_1^-) \exists m \exists V \exists X \exists Y (J_{(-1,0)}(X \Rightarrow_1 Y) \& J_{(1,m)}(V \Rightarrow_2 Y) \& (V \subset X)),$$

$$\text{где } J_{(1,m)}\Phi \Leftrightarrow \bigvee_{i=1} J_{(1,i)}\Phi.$$

Напомним, что $J_{(v,0)}$ и $J_{(v,n)}$ – логические связи, используемые для представления фактов и гипотез ($n > 0$), соответственно [2,4].

(T_1^σ) – условия, распознающие применимость $M_{ag}^\sigma(V, \mathfrak{X}, Y)$, где $\sigma \in \{+, -\}$.

Возможные усиления тестов (T_1^σ) :

$$(T_2^+) \exists m \exists n \exists V \exists Z \exists X \exists Y (J_{(1,0)}(X \Rightarrow_1 Y) \& J_{(-1,m)}(V \Rightarrow_2 Y) \& (V \subset X) \& J_{(1,n)}(Z \Rightarrow_2 Y) \& (Z \subset X)),$$

$$(T_2^-) \exists m \exists n \exists V \exists Z \exists X \exists Y (J_{(-1,0)}(X \Rightarrow_1 Y) \& J_{(1,m)}(V \Rightarrow_2 Y) \& (V \subset X) \& J_{(-1,n)}(Z \Rightarrow_2 Y) \& (Z \subset X)).$$

Истинность (T_i^σ) , где $\sigma \in \{+, -\}$, $i = 1, 2$ является необходимым условием применимости предикатов $M_{ag}^\sigma(V, \mathfrak{X}, W)$ и соответствующих п.п.в.-1. Необходимым и достаточным условием применимости предикатов $M_{ag}^\sigma(V, \mathfrak{X}, Y)$ с $\neg (\mathfrak{X} = \emptyset)$ и п.п.в.-1, их содержащих, является истинность (T_i^σ) , $i = 1, 2$, и существование k σ -фактов, где $k \geq 2$, а $\sigma \in \{+, -\}$.

2. Определение предикатов сходства обобщенного ДСМ-метода АПНИ

Определяемые ниже тернарные предикаты $M_{ag}^\sigma(V, \mathfrak{X}, Y)$ и соответствующие им тернарные отношения $\tilde{M}_{ag}^\sigma$ заданы следующим образом ($\sigma \in \{+, -\}$):

$$M_{ag}^\sigma : 2^{U^{(1)}} \times 2^{2^{U^{(1)}}} \times 2^{U^{(2)}} \rightarrow V_{in}$$

$\tilde{M}_{ag}^\sigma \subseteq 2^{U^{(1)}} \times 2^{2^{U^{(1)}}} \times 2^{U^{(2)}}$, где $U^{(1)}$ и $U^{(2)}$ – исходные множества, из элементов которых образованы объекты (подобъекты) и эффекты (множества свойств), соответственно $2^{U^{(1)}} \times 2^{2^{U^{(1)}}} \times 2^{U^{(2)}}$ есть область определения (domain) $M_{ag}^\sigma(V, \mathfrak{X}, Y)$, а множество фактических (внутренних) истинностных значений V_{in} есть область значений (range) этих предикатов [4, 5, 7].

Стандартными компонентами в определениях предикатов сходства М-предикатов ДСМ-метода являются, как было сказано выше, экзистенциальные условия $(\exists Y)$, эмпирические зависимости $(\exists Z)$, условия сходства и параметр k для представления нижней границы числа сходных примеров.

Ниже определим предикат сходства для позитивных примеров ((+)-примеров) $M_{ag}^\sigma(V, \mathfrak{X}, Y)$.

¹ σ -пример есть σ -факт или σ -гипотеза о предсказании, выражаясь посредством $X \Rightarrow_1 Y$ ($\sigma \in \{+, -\}$).

Выше было сказано, что имеются два экзистенциальных условия $(\exists Y_1)$ и $(\exists Y_2)$ для (+)-примеров без тормозов и примеров с тормозами (эти примеры не являются (+)-примерами). $(\exists Y_1)^+$ содержит определение тормозов и определение сходства (+)-примеров, определяемые ниже:

$Ob^+(Z, V) - \langle Z \text{ есть тормоз } V \rangle$,

$$Ob^+(Z, V) \Leftrightarrow \forall n \forall W (\forall X \forall m_1 ((J_{(1,n)}(V \Rightarrow_2 W) \& \neg (Z \subset X) \& (V \subset X)) \rightarrow J_{(1, m_1)}(X \Rightarrow_1 W)) \& \forall X_0 \forall m_2 ((J_{(1,n)}(V \Rightarrow_2 W) \& (Z \subset X_0) \& (V \subset X_0)) \rightarrow \neg J_{(1, m_2)}(X_0 \Rightarrow_1 W)))^2$$

$(\bigcap_{j=1}^k X_j = V) \& \neg (V = \emptyset) - \text{определение сходства (+)-примеров.}$

Определим теперь $(\exists Y_1)^+$:

$$(\exists Y_1)^+ \Leftrightarrow ((J_{(1,n)}(X_1 \Rightarrow_1 Y) \& \dots \& J_{(1,n)}(X_k \Rightarrow_1 Y) \& (\bigcap_{j=1}^k X_j = V) \& \neg (V = \emptyset) \& (Ob^+(Z, V) \rightarrow (\bigcap_{j=1}^k \neg (Z \subset X_j))) \& J_{(1,s)}(V \Rightarrow_2 Y))$$

$$(\exists Y_2)^+ \Leftrightarrow (\neg (X = \emptyset) \& (X = \{Z | Ob^+(Z, V)\})) \rightarrow ((\neg J_{(1,q)}(X_{k+1} \Rightarrow_1 Y) \& \dots \& \neg J_{(1,q)}(X_{k+r} \Rightarrow_1 Y) \& (Ob^+(Z, V) \rightarrow (\bigcap_{i=k+1}^{k+r} (Z \subseteq (X_i - V))) \& (\bigcap_{i=k+1}^{k+r} (V \subset X_i)) \& (\bigcap_{p=k+1}^{k+r} (Z_p \in X)) \& (\bigcap_{p=k+1}^{k+r} (Z_p \subset X_p)) \& ((Z \in X) \rightarrow (\bigvee_{i=k+1}^{k+r} (Z = Z_i))))))$$

$(\exists Y_2)^+$ содержит подформулу $((Z \in X) \rightarrow (\bigvee_{i=k+1}^{k+r} (Z = Z_i)))$, которая выражает условие исчерпываемости соответствующих г примеров.

Определим теперь эмпирические зависимости $(\exists Z_1)^+$ и $(\exists Z_2)^+$ для вынуждения (детерминации) эффекта посредством причины, если не имеется тормозов, и для отсутствия эффекта, если существуют тормоза соответствующей причины V:

$$(\exists Z_1)^+ \Leftrightarrow \forall m \forall X \forall W ((J_{(1,m)}(V \Rightarrow_2 W) \& Ob^+(Z, V) \& \neg (Z \subset X)) \rightarrow (J_{(1,m)}(X \Rightarrow_1 W) \& ((Z \in X) \rightarrow (\bigvee_{i=1}^k (Z = Z_i))))$$

$$(\exists Z_2)^+ \Leftrightarrow \forall m \forall m_1 \forall X \forall W (J_{(1,m)}(V \Rightarrow_2 W) \& Ob^+(Z, V) \& (Z \subset X)) \rightarrow (\neg J_{(1, m_1)}(X \Rightarrow_1 Y) \& ((Z \in X) \rightarrow (\bigvee_{i=k+1}^{k+r} (Z = Z_i))))$$

$(\exists Z_1)^+$ и $(\exists Z_2)^+$ содержат условия исчерпываемости рассматриваемых примеров.

Определим теперь предикат сходства для обобщенного ДСМ-метода АПНИ:

$$M_{ag}^+(V, X, Y) \Leftrightarrow \exists s \exists k \exists r \exists n \exists q \exists X_1 \dots \exists X_{k+r} \forall Z ((\exists Y_1)^+ \& (\exists Y_2)^+ \& (\exists Z_1)^+ \& (\exists Z_2)^+ \& (k \geq 2) \& (r \geq 1)),$$

где k и r – нижние границы числа примеров, не содержащих тормоза и их содержащих, соответственно.

Аналогично определяется предикат сходства $M_{ag}^-(V, X, Y)$ для (-)-примеров.

$$Ob^-(Z, V) \Leftrightarrow \forall n \forall W (\forall X \forall m_1 ((J_{(-1,n)}(V \Rightarrow_2 W) \& \neg (Z \subset X) \& (V \subset X)) \rightarrow J_{(-1, m_1)}(X \Rightarrow_1 W)) \& \forall X_0 \forall m_2 ((J_{(-1,n)}(V \Rightarrow_2 W) \& (Z \subset X_0) \& (V \subset X_0)) \rightarrow \neg J_{(-1, m_2)}(X_0 \Rightarrow_1 W)))$$

² $\Leftrightarrow$ - равенство по определению

$$\begin{aligned}
& (\exists Y_1)^- \Leftrightarrow ((J_{(-1,n)}(X_1 \Rightarrow_1 Y) \& \dots \& J_{(-1,n)}(X_k \Rightarrow_1 Y) \& (\bigcap_{j=1}^k X_j = V) \& \neg (V = \emptyset) \& (Ob^-(Z, V) \rightarrow \\
& (\bigcap_{j=1}^k \neg (Z \subset X_j))) \& J_{(-1,s)}(V \Rightarrow_2 Y)) \\
& (\exists Y_2)^- \Leftrightarrow (\neg (X = \emptyset) \& (X = \{Z | Ob^-(Z, V)\}) \rightarrow ((\neg J_{(-1,q)}(X_{k+1} \Rightarrow_1 Y) \& \dots \& \neg J_{(-1,q)}(X_{k+r} \Rightarrow_1 Y) \\
& \& (Ob^-(Z, V) \rightarrow (\bigcap_{i=k+1}^{k+r} (Z \subseteq (X_i - V))) \& (\bigcap_{i=k+1}^{k+r} (V \subset X_i)) \& (\bigcap_{p=k+1}^{k+r} (Z_p \in X)) \& \\
& (\bigcap_{p=k+1}^{k+r} (Z_p \subset X_p)) \& ((Z \in X) \rightarrow (\bigvee_{i=k+1}^{k+r} (Z = Z_i)))))) \\
& (\exists Z_1)^- \Leftrightarrow \forall m \forall X \forall W ((J_{(-1,m)}(V \Rightarrow_2 W) \& Ob^-(Z, V) \& \neg (Z \subset X)) \rightarrow (J_{(-1,m)}(X \Rightarrow_1 W) \& ((Z \in X) \\
& \rightarrow (\bigvee_{i=1}^k (Z = Z_i))))), \\
& (\exists Z_2)^- \Leftrightarrow \forall m \forall m_1 \forall X \forall W (J_{(-1,m)}(V \Rightarrow_2 W) \& Ob^-(Z, V) \& (Z \subset X)) \rightarrow (\neg J_{(-1,m_2)}(X \Rightarrow_1 Y) \& \\
& ((Z \in X) \rightarrow (\bigvee_{i=k+1}^{k+r} (Z = Z_i)))) \\
& M_{ag}^-(V, X, W) \Leftrightarrow \exists s \exists k \exists r \exists n \exists q \exists X_1 \dots \exists X_{k+r} \forall Z ((\exists Y_1)^- \& (\exists Y_2)^- \& (\exists Z_1)^- \& (\exists Z_2)^- \& (k \geq 2) \& (r \geq 1))
\end{aligned}$$

Замечание 1-2. В определении $M_{ag}^\sigma(V, X, Y)$ используются подформулы $J_{(v,m)}(V \Rightarrow_2 Y)$, $J_{(v,s)}(V \Rightarrow_2 Y)$, где $v \in \{1, -1\}$. В силу теоремы ДСМ-метода об обратимости правил правдоподобного вывода ([8], Глава 5, стр. 240-281) имеют место следующие эквивалентности:

$\forall V \forall W ((J_{(\tau,m-1)}(V \Rightarrow_2 W) \& M_{x,(m-1)}^+(V, W) \& \neg M_{y,(m-1)}^-(V, W)) \leftrightarrow J_{(1,m)}(V \Rightarrow_2 W))$, где $\langle x, \neg y \rangle$ соответствует дистрибутивной решетке правил индуктивного вывода п.п.в.-1 [9], а $x \in \Gamma^+$, $\neg y \in \neg\Gamma$, где Γ^+ и $\neg\Gamma$ - множества имен М-предикатов и $\neg$ М-предикатов сходства. Эти решетки являются прямыми произведениями решеток для М-предикатов и их отрицаний.

Таким образом, фактически определения $M_{ag}^\sigma(V, X, Y)$ представляют семейство M_{ag}^σ -предикатов, соответствующее дистрибутивным решеткам интенционалов М-предикатов [9].

Очевидно, что для $M_{ag}^-(V, X, Y)$ используется эквивалентность

$$\forall V \forall W ((J_{(\tau,m-1)}(V \Rightarrow_2 W) \& \neg M_{x,(m-1)}^+(V, W) \& M_{y,(m-1)}^-(V, W)) \leftrightarrow J_{(-1,m)}(V \Rightarrow_2 W)).$$

Заметим, что $J_{(v,m)}(V \Rightarrow_2 W) \leftrightarrow (\bigvee_{i=1}^m J_{(v,i)}(V \Rightarrow_2 W))$, $v \in \{1, -1\}$.

Замечание 2-2. Так как M^σ -предикаты сходства с запретом на контрпримеры [9] имеют условие (b) $^\sigma$

$$(b)^+ \forall X \forall Y (((V \subset X) \& (W \subseteq Y)) \rightarrow (J_{(1,m)}(X \Rightarrow_1 Y) \vee J_{(\tau,n)}(X \Rightarrow_1 Y))),$$

$$(b)^- \forall X \forall Y (((V \subset X) \& (W \subseteq Y)) \rightarrow (J_{(-1,n)}(X \Rightarrow_1 Y) \vee J_{(\tau,n)}(X \Rightarrow_1 Y))),$$

то в силу определения $M_{ag}^\sigma(V, X, Y)$ подформулы $J_{(v,m)}(V \Rightarrow_2 W)$ и $J_{(v,s)}(V \Rightarrow_2 Y)$ не могут быть порождены п.п.в.-1, содержащими предикаты $M_{x,n}^+(V, Y)$ и $M_{y,n}^-(V, Y)$, где x и y содержат (b) $^\sigma$ (условие запрета на контрпримеры). Следовательно, $M_{ag}^\sigma(V, X, Y)$ соответствуют решетки с элементами a^σ , $(ad_0)^\sigma$, $(ad_2)^\sigma$, где a , ad_0 , ad_2 представляют предикаты для метода сходства метода различия и метода сходства различия для $\sigma \in \{+, -\}$. В [9] были рассмотрены соответствующие изоморфные решетки $IntL_1^+$ и $IntL_1^-$.

Замечание 3-2. В подформулах $(\exists Y_2)^+$ и $(\exists Y_2)^-$ имеется антецедент $\neg (X = \emptyset)$, который является условием непустоты множества тормозов, поэтому подформулы $J_{(v,m)}(V \Rightarrow_2 W)$ и $J_{(v,s)}(V \Rightarrow_2 W)$ не могут быть порождены п.п.в.-1 с запретом на контрпримеры (b) $^\sigma$. В случае же $X = \emptyset$, то есть при отсутствии

тормозов $M_{ag}^\sigma(V, \emptyset, Y)$ может быть эквивалентен $M_{ab,n}^\sigma(V, Y)$, если гипотезы о $(\pm)$ -причинах, выраженные посредством $V \Rightarrow_2 W$ и $V \Rightarrow_2 Y$ порождены п.п.в.-1 с запретом на контрпримеры $(b)^\sigma$.

Замечание 4-2. Для определения $M_{ag}^\sigma(V, \mathfrak{X}, Y)$ необходимо было расширить язык JSM-L посредством отношения принадлежности $\in$, множества некоторых множеств $\mathfrak{X}$ (для представления тормозов) и множества $\{Z | \text{Ob}^\sigma(Z, V)\}$ (для представления тормозов), где $\sigma \in \{+, -\}$.

3. Связи предикатов $M_{ag}^\sigma(V, \mathfrak{X}, Y)$ и $M_{ab,n}^\sigma(V, Y)$.

В соответствии с Замечанием 2-2 рассмотрим таблицу возможных комбинаций предикатов $M_{ag}^\sigma(V, \mathfrak{X}, Y)$, $M_{x,n}^+(V, Y)$, $M_{y,n}^-(V, Y)$ для п.п.в.-1 (правил индуктивного вывода) и случаев $\mathfrak{X} \neq \emptyset$ и $\mathfrak{X} = \emptyset$.

В этой таблице представлено наличие (отсутствие) применимости $M_{x,n}^+(V, Y)$ и $M_{y,n}^-(V, Y)$.

В случаях (1)-(3) имеются тормоза ($\mathfrak{X} \neq \emptyset$), в случае же (4) $\mathfrak{X} = \emptyset$.

	+	-	$(b)^\sigma$
(1)	M_{ag}^+	M_{ag}^-	нет $(b)^\sigma$ для M_{ag}^σ
(2)	M_{ag}^+	M_y^-	нет $(b)^+$ для M_{ag}^+ возможно $(b)^-$ для M_y^-
(3)	M_x^+	M_{ag}^-	возможно $(b)^+$ для M_x^+ нет $(b)^-$ для M_{ag}^-
(4)	M_x^+	M_y^-	возможны $(b)^+$ и $(b)^-$

Сформулируем возможные типы п.п.в.-1 для случаев (1)-(3)

Случай (1)

$$\begin{aligned}
 (I)_{g,1}^+ & \frac{J_{(\tau,n)}T(V, \mathfrak{X}_1, Y), M_{ag}^+(V, \mathfrak{X}_1, Y) \& \neg M_{ag}^-(V, \mathfrak{X}_2, Y)}{J_{\langle 1, n+1 \rangle}T(V, \mathfrak{X}_1, Y)} \\
 (I)_{g,1}^- & \frac{J_{(\tau,n)}T(V, \mathfrak{X}_2, Y), \neg M_{ag}^+(V, \mathfrak{X}_1, Y) \& M_{ag}^-(V, \mathfrak{X}_2, Y)}{J_{\langle -1, n+1 \rangle}T(V, \mathfrak{X}_2, Y)} \\
 (I)_{g,1}^0 & \frac{J_{(\tau,n)}T(V, \mathfrak{X}_1 \cup \mathfrak{X}_2, Y), M_{ag}^+(V, \mathfrak{X}_1, Y) \& M_{ag}^-(V, \mathfrak{X}_2, Y)}{J_{\langle 0, n+1 \rangle}T(V, \mathfrak{X}_1 \cup \mathfrak{X}_2, Y)} \\
 (I)_{g,1}^\tau & \frac{J_{(\tau,n)}T(V, \mathfrak{X}_1 \cup \mathfrak{X}_2, Y), \neg M_{ag}^+(V, \mathfrak{X}_1, Y) \& \neg M_{ag}^-(V, \mathfrak{X}_2, Y)}{J_{(\tau, n+1)}T(V, \mathfrak{X}_1 \cup \mathfrak{X}_2, Y)}
 \end{aligned}$$

Случай (2)

$$\begin{aligned}
 (I)_{g,2}^+ & \frac{J_{(\tau,n)}T(V, \mathfrak{X}, Y), M_{ag}^+(V, \mathfrak{X}, Y) \& \neg M_{y,n}^-(V, Y)}{J_{\langle 1, n+1 \rangle}T(V, \mathfrak{X}, Y)} \\
 (I)_{g,2}^- & \frac{J_{(\tau,n)}(V \Rightarrow_2 Y), \neg M_{ag}^+(V, \mathfrak{X}, Y) \& M_{y,n}^-(V, Y)}{J_{\langle -1, n+1 \rangle}(V \Rightarrow_2 Y)} \\
 (I)_{g,2}^0 & \frac{J_{(\tau,n)}T(V, \mathfrak{X}, Y), J_{(\tau,n)}(V \Rightarrow_2 Y), M_{ag}^+(V, \mathfrak{X}, Y) \& M_{y,n}^-(V, Y)}{J_{\langle 0, n+1 \rangle}T(V, \mathfrak{X}, Y), J_{\langle 0, n+1 \rangle}(V \Rightarrow_2 Y)} \\
 (I)_{g,2}^\tau & \frac{J_{(\tau,n)}T(V, \mathfrak{X}, Y), J_{(\tau,n)}(V \Rightarrow_2 Y), \neg M_{ag}^+(V, \mathfrak{X}, Y) \& \neg M_{y,n}^-(V, Y)}{J_{(\tau, n+1)}T(V, \mathfrak{X}, Y), J_{(\tau, n+1)}(V \Rightarrow_2 Y)}
 \end{aligned}$$

Случай (3)

$$\begin{aligned}
 (I)_{g,3}^+ & \frac{J_{(\tau,n)}(V \Rightarrow_2 Y), M_{x,n}^+(V, Y) \& \neg M_{ag}^-(V, \mathfrak{X}, Y)}{J_{\langle 1, n+1 \rangle}(V \Rightarrow_2 Y)} \\
 (I)_{g,3}^- & \frac{J_{(\tau,n)}T(V, \mathfrak{X}, Y), \neg M_{x,n}^+(V, Y) \& M_{ag}^-(V, \mathfrak{X}, Y)}{J_{\langle -1, n+1 \rangle}T(V, \mathfrak{X}, Y)} \\
 (I)_{g,3}^0 & \frac{J_{(\tau,n)}T(V, \mathfrak{X}, Y), J_{(\tau,n)}(V \Rightarrow_2 Y), M_{x,n}^+(V, Y) \& M_{ag}^-(V, \mathfrak{X}, Y)}{J_{\langle 0, n+1 \rangle}T(V, \mathfrak{X}, Y), J_{\langle 0, n+1 \rangle}(V \Rightarrow_2 Y)} \\
 (I)_{g,3}^\tau & \frac{J_{(\tau,n)}T(V, \mathfrak{X}, Y), J_{(\tau,n)}(V \Rightarrow_2 Y), \neg M_{x,n}^+(V, Y) \& \neg M_{ag}^-(V, \mathfrak{X}, Y)}{J_{(\tau, n+1)}T(V, \mathfrak{X}, Y), J_{(\tau, n+1)}(V \Rightarrow_2 Y)}
 \end{aligned}$$

Случаю (4) соответствуют стандартные п.п.в.-1 и стратегии $\text{Str}_{x,y}$ ДСМ-метода АПНИ [9].

Типом ДСМ-стратегии $\text{Str}_{x,y}$ будем называть случаи (1)-(4), а её **видом** будем называть пару $\langle x, y \rangle$ [9], где x – имя M^+ -предиката $M_{x,n}^+(V, Y)$, а y – имя M^- -предиката $M_{y,n}^-(V, W)$.

Имеет место следующее утверждение.

Утверждение 1-3.

$\forall V \forall \mathfrak{X} \forall Y ((\neg(\mathfrak{X} = \emptyset) \& M_{ag}^\sigma(V, \mathfrak{X}, Y) \rightarrow \neg M_{ab,n}^\sigma(V, Y))$, где $\sigma \in \{+, -\}$.

Из выполнимости $\neg(\mathfrak{X} = \emptyset) \& M_{ag}^\sigma(V, \mathfrak{X}, Y)$ следует выполнимость $\text{Ob}^\sigma(Z, V)$, а потому ложно условие запрета на контрпримеры $(b)^\sigma$ и, следовательно, ложен $M_{ab,n}^\sigma(V, Y)$.

Имеет место также

Утверждение 2-3.

$\forall V \forall \mathfrak{X} \forall Y (((\mathfrak{X} = \emptyset) \& M_{ag}^\sigma(V, \mathfrak{X}, Y) \rightarrow M_{ab,n}^\sigma(V, Y))$, где $\sigma \in \{+, -\}$,

если подформулы $J_{(v,s)}(V \Rightarrow_2 Y)$, $J_{(v,n)}(V \Rightarrow_2 Y)$, $v \in \{1, -1\}$ получены посредством п.п.в.-1, содержащими M^σ -предикаты с условием $(b)^\sigma$.

Так как $\mathfrak{X} = \emptyset$ и подформулы с $V \Rightarrow_2 Y$ порождены п.п.в.-1 (по условию утверждения), то $(\exists Y_1)^\sigma$ истинна, а следовательно истинны $J_{(1,s)}(V \Rightarrow_2 Y)$ и $J_{(-1,s)}(V \Rightarrow_2 Y)$. $(\exists Y_2)^\sigma$ истинно, так как $\neg(\mathfrak{X} = \emptyset)$ ложна. $(\exists Z_1)^\sigma$ и $(\exists Z_2)^\sigma$ истинны в силу ложности $\text{Ob}^\sigma(Z, V)$. Следовательно, если $\mathfrak{X} = \emptyset$ и $M_{ag}^\sigma(V, \mathfrak{X}, Y)$, то истинен $M_{ab,n}^\sigma(V, Y)$.

Замечание 1-3. Если дана $\text{БФ}_{0,i}$ такая, что $\text{БФ}_{0,i} = \text{БФ}_{0,i}^{(1)} \cup \text{БФ}_{0,i}^{(2)}$ такие, что $\text{БФ}_{0,i}^{(1)} \cap \text{БФ}_{0,i}^{(2)} = \Lambda$, где Λ – пустое отношение и, далее, на $\text{БФ}_{0,i}^{(1)}$ истинны тесты (T_i^σ) , $\sigma \in \{+, -\}$, $i = 1, 2$, а на $\text{БФ}_{0,i}^{(2)}$ они ложны, то на $\text{БФ}_{0,i}^{(1)}$ следует применять тип ДСМ-стратегии (1) с M_{ag}^σ -предикатами и с видами $\text{Str}_{x,y}$, исключающими запрет на контрпримеры с условиями $(b)^\sigma$.

Разбиение $\text{БФ}_{0,i}$ возможно в силу Утверждений 1-3 и 2-3.

Для ДСМ-рассуждений возникает вопрос относительно возможности восстановления истинностного значения у $(\pm)$ -фактов, принадлежащих $\text{БФ}_{0,i}$. Если имеется факт $J_{(1,0)}(C \Rightarrow_1 Q)$, то рассмотрим $J_{(1,0)}(C \Rightarrow_1 Q)$. Тогда будет ли истинным $\Pi_n^+(C, Q)$? Аналогичен вопрос и для $\Pi_n^-(C, Q)$.

Определения предикатов для выводов по аналогии $\Pi_n^\sigma(V, W)$ содержатся в ([7], Часть I), где $\sigma \in \{+, -, 0, \tau\}$.

Для определенности рассмотрим $\Pi_n^+(V, W)$:

$$\Pi_n^+(V, W) \Leftrightarrow \exists k \tilde{\Pi}_n^+(V, W, k), \text{ где } \tilde{\Pi}_n^+(V, W, k) \Leftrightarrow \exists Y_1 \dots \exists Y_k \left(\bigwedge_{i=1}^k \exists X_i (J_{(1,n)}(X_i \Rightarrow_2 Y_i) \& (X_i \subset V)) \& \right. \\ \left. \bigwedge_{i=1}^k (Y_i = W) \right) \& \forall U (((U \subseteq W) \& \neg(U = \emptyset)) \rightarrow \neg \exists Z ((J_{(-1,n)}(Z \Rightarrow_2 U) \vee J_{(0,n)}(Z \Rightarrow_2 U)) \& (Z \subset V))).$$

Аналогично определяется $\Pi_n^-(V, W)$.

$$\Pi_n^0(V, W) \Leftrightarrow \exists X_1 \exists Y_1 \exists X_2 \exists Y_2 (J_{(1,n)}(X_1 \Rightarrow_2 Y_1) \& J_{(-1,n)}(X_2 \Rightarrow_2 Y_2) \& \neg(Y_1 \cap Y_2 = \emptyset) \& (X_1 \subset V) \& (X_2 \subset V) \& (Y_1 \subset W) \& (Y_2 \subset W))$$

$$\Pi_n^\tau(V, W) \Leftrightarrow \neg \Pi_n^+(V, W) \& \neg \Pi_n^-(V, W) \& \neg \Pi_n^0(V, W).$$

Пусть истинен тест (T_2^+)

$$\exists m \exists n \exists V \exists Z \exists X \exists Y (J_{(1,0)}(X \Rightarrow_1 Y) \& J_{(-1,m)}(V \Rightarrow_2 Y) \& (V \subset X) \& J_{(1,n)}(Z \Rightarrow_2 Y) \& (Z \subset X)).$$

Тогда имеем $J_{(1,0)}(C \Rightarrow_1 Q)$ & $J_{(-1,\bar{m})}(C' \Rightarrow_2 Q)$ & $(C' \subset C)$ & $J_{(1,\bar{n})}(C'' \Rightarrow_2 Q)$ & $(C'' \subset C)$, где $C, Q, C', C'', \bar{m}, \bar{n}$ – константы.

Из (T_2^+) следует истинность $\Pi_l^0(V, W)$, а, следовательно, в силу теоремы об обратимости правил правдоподобного вывода п.п.в.-1 (для индукции) и п.п.в.-2 (для аналогии) ([8], Глава 5, стр. 240-286) получаем, что $(J_{(1,0)}(C \Rightarrow_1 Q) \& \Pi_l^0(V, W)) \leftrightarrow J_{(1,0)}(\bar{l})(C \Rightarrow_1 Q)$, где « $\leftrightarrow$ » – логическая связка эквивалентности и $\bar{l}$ – константа. Получаем противоречие $J_{(1,0)}(C \Rightarrow_1 Q)$ и $J_{(1,0)}(\bar{l})(C \Rightarrow_1 Q)$, так как контрарные пары определены для типов истинностных значений (в данном случае для «0» и «1»).

Противоречивость (T_2^+) и результатов ДСМ-рассуждения, содержащими п.п.в.-2 (правило вывода аналогии) означает неадекватность применения стратегий ДСМ-рассуждений с М-предикатами и предикатом $X \Rightarrow_2 Y$. Адекватной же может быть стратегия с предикатами обобщенного ДСМ-метода $M_{ag}^\sigma(V, \mathfrak{X}, Y)$, которые распознают существование тормозов из множества $\mathfrak{X}$.

Если реализуется случай (1) для предикатов $M_{ag}^\sigma(V, \mathfrak{X}, Y)$, то изменяются аксиомы каузальной полноты АКП^(σ) [7] и определение функций степени сохранения истинностных значений порождаемых гипотез $\xi_2^\sigma(Z, U)$ и $\xi_1^\sigma(V, Y)$, где $\sigma \in \{+, -\}$ [4]. Получаем функции $\xi_{j,T}^\sigma$, где $j = 1, 2$, посредством замены предиката $V \Rightarrow_2 Y$ на $T(V, \mathfrak{X}, Y)$.

Аксиомы каузальной полноты АКП^(σ) для простого ДСМ-метода, где $\sigma \in \{+, -\}$:

АКП⁽⁺⁾ $\forall X \forall Y \exists V (J_{(1,0)}(X \Rightarrow_1 Y) \rightarrow \exists n (J_{(1,n)}(V \Rightarrow_2 Y) \& (V \subset X)))$

(АКП⁽⁻⁾ формулируется аналогично)[7].

Необходимым условием истинности аксиомы каузальной полноты АКП^(σ)_T для обобщенного ДСМ-метода является истинность тестов (T_i^σ), где $\sigma \in \{+, -\}$, $i=1, 2$.

Сформулируем АКП⁺_T:

$\forall X \forall Y \exists V \exists \mathfrak{X} (J_{(1,0)}(X \Rightarrow_1 Y) \rightarrow \exists n (J_{(1,n)} T(V, \mathfrak{X}, Y) \& (V \subset X)))$

(АКП⁻_T формулируется аналогично).

Посредством замены предиката $V \Rightarrow_2 Y$ на предикат $T(V, \mathfrak{X}, Y)$ получаем определения $P_n^\sigma(X, Y)$ для п.п.в.-2 (правил вывода по аналогии), где $\sigma \in \{+, -, 0, \tau\}$.

В заключение заметим, что реальный эффект возможности применения обобщенного ДСМ-метода автоматизированной поддержки научных исследований [4], содержащего ДСМ-рассуждения с предикатами сходства $M_{ag}^\sigma(V, \mathfrak{X}, Y)$ ($\sigma \in \{+, -\}$), был обнаружен при исследовании проблемы предсказания развития сахарного диабета у больных хроническим панкреатитом [5]. При применении интеллектуальной системы, реализующей ДСМ-рассуждения, истинным оказались тесты T_i^σ , где $\sigma \in \{+, -\}$, $i = 1, 2$. Можно предположить, что применение ДСМ-метода АПНИ с тернарным предикатом причинности сделает применение интеллектуального анализа данных более информативным для knowledge discovery.

Литература

1. Mill J.S. A System of Logic Ratiocinative and Inductive, Being a Connected View of the Principles of Evidence and The Methods of Scientific Investigation. – 1st edition. – London: Parker, Son and Bowin, 1843.
Милль Д.С. Система логики силлогистической и индуктивной. – М.: Книжный дом «Либроком»/URSS, 2010;
2. Арский Ю.М., Финн В.К. Принципы конструирования интеллектуальных систем//Информационные технологии и вычислительные системы, №4, 2008, С.4-37.
3. ДСМ-метод автоматического порождения гипотез: логические и эпистемологические основания. Под общей редакцией О.М. Аншакова. – М.: Книжный дом «Либроком»/ URSS, 2009, Глава 2, С. 192-2013.
4. Финн В.К. Обнаружение эмпирических закономерностей в последовательностях баз фактов посредством ДСМ-рассуждений//Научно-техническая информация. Серия 2. Информационные процессы и системы, №8, 2015, С.1-29.
Finn V.K. Detecting Empirical Regularities in Bases of Facts Using JSM Reasoning//Automatic Documentation and Mathematical Linguistics, Seriya 2, 2015, No.4, pp. 122-151.
5. Шестерникова О.П., Агафонов М.А., Винокурова Л.В., Панкратова Е.С., Финн В.К. Интеллектуальная система прогнозирования развития сахарного диабета у больных хроническим панкреатитом//Искусственный интеллект и принятие решений, № 4, 2015, С. 12-50.
6. Финн В.К., Михеенкова М.А. Некоторые проблемы обобщенного ДСМ-метода автоматизированного порождения гипотез. Семантика и информатика. Выпуск 33, М.: МАИК НАУКА, 1993, С.136-163.
7. Финн В.К. Эпистемологические основания ДСМ-метода автоматического порождения гипотез. Часть I и Часть II//Научно-техническая информация. Серия 2. Информационные процессы и системы. - №9, С. 1-29; №12, С. 1-26, 2013.
Finn V.K. Epistemological Foundations of the JSM Method for Automatic Hypothesis Generation//Automatic Documentation and Mathematical Linguistics. Part I, II. – 2014. Vol. 48. №2. – pp. 96-148.
8. ДСМ-метод автоматического порождения гипотез: логические и эпистемологические основания. Под общей редакцией О.М. Аншакова. – М.: Книжный дом «Либроком»/URSS, 2009, Глава 5, С. 240-286.

9. Финн В.К. Дистрибутивные решетки индуктивных процедур//Научно-техническая информация. Серия 2. – 2014. - № 11. – С. 1-30.
Finn V.K. Distributive Lattices of Inductive JSM Procedures// Automatic Documentation and Mathematical Linguistics. – 2014. – Vol. 48. №6. – pp. 265-295.

Финн Виктор Константинович. Главный научный сотрудник Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» РАН. Окончил Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова в 1957 году (Философский факультет), в 1966 году (Механико-математический факультет). Доктор технических наук, профессор. Заслуженный деятель науки РФ. Автор более 300 печатных работ. Область научных интересов: искусственный интеллект, математическая логика, интеллектуальные системы, машинное обучение, теория познания, логика и методология науки.
E-mail: ira.finn@gmail.com

Шестерникова Ольга Павловна. Начальник отдела ООО «Прогтек». Окончила Российский государственный гуманитарный университет в 2010 году. Автор 3 печатных работ. Область научных интересов: компьютерные интеллектуальные системы, программирование, анализ данных. E-mail: oshesternikova@gmail.com