ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ
1972 год Выпуск 50

УДК 62-5:621.391

ТРЕБОВАНИЯ К АЛГОРИТМАМ ПРЕДСКАЗАНИЯ

Е.Е. Витяев, Б.П. Гавриляко, Н.Г. Загоруйко, К.Ф.Самохвалов

Обсуждается частный случай предсказания. Первоначально имеется протокол $\rho\tau_o$ эксперимента над конечным множеством B_o эмпирических объектов, рассматривающийся как простая констатация (без каких бы то ни было вероятностных допущений) результатов взаимодействия объектов из B_o с приборами, с помощью которых ставился эксперимент. Имеется также определенная эмпирическая гипотеза H_o относительно того, какие экспериментальные результаты могут быть в принципе получены (допустимы), если ставить эксперименты над любыми конечными множествами объектов (а не только над множеством B_o) из числа вообще подлежащих исследованию. Предполагается, что гипотеза H_o выбрана таким образом, что эксперимент, соответствующий протоколу $\rho\tau_o$, является допустимым. В противном случае гипотеза H_o считается опровергнутой этим экспериментом и подлежит пересмотру. Предсказание рассматриваемого нами типа состоит в том, чтобы используя информацию, заключенную в протоколе $\rho\tau_o$, преобразовать первоначальную гипотезу H_o в такую новую гипотезу H_1, которая была бы в определенном смысле более информативной (более сильной), чем H_o, согласовывалась бы с протоколом $\rho\tau_o$ и, наконец, была бы экспериментально неопровержимой в предположении, что неопровержима исходная гипотеза H_o.

В работе предпринимается попытка уточнить, во-первых, постановку проблемы в такой степени, чтобы имело смысл говорить об алгоритмах предсказания, и, во-вторых, коль скоро такое уточнение окажется возможным, сформулировать необходимые требования к алгоритмам предсказания. Предварительные формулировки этих требований суть следующие.

1. Алгоритм предсказания должен быть общерекурсивным отображением вида $\langle H_o, \rho\tau_o \rangle \to H_1$, где $H_o, \rho\tau_o, H_1$ имеют вышеуказанные значения.

2. Алгоритм должен быть таким, чтобы результаты предсказания сохранялись при переходе от одного представления входных данных к любому другому эквивалентному представлению этих же данных.

3. Конкретный характер отображения $\langle H_o, \rho\tau_o \rangle \to H_1$ должен обеспечивать правильность предсказания. Поэтому алгоритм должен основываться на подходящим образом формализованной естественнонаучной гипотезе о том, как следует предсказывать в наблюдаемом мире.

Дальнейшее содержание статьи сводится к уточнению первых двух требований и к краткому обсуждению последнего требования.

1.1. Уточним прежде всего понятие эмпирической гипотезы. Ясно, что любая эмпирическая гипотеза только тогда вполне осмыслена, когда указан соответствующий экспериментальный метод её проверки. В противном случае применимость или неприменимость гипотезы не определяется какими-либо наблюдениями, и она становится эмпирически бессодержательной. Анализ возникающих здесь обстоятельств приводит к отождествлению эмпирической гипотезы H с упорядоченной тройкой $\langle \sigma_H, int_H, \tau_H \rangle$, где σ_H есть некоторое конечное множество предикатных символов (сигнатура); int_H - фиксированная интерпретация символов из σ_H как неких поддающихся экспериментальному наблюдению[ж)] отношений, определенных на любом конечном множестве объектов из числа подлежащих рассмотрению; τ_H -

ж) Приборы при этом рассматриваются только как средство наблюдения.

тестовый алгоритм. Для описания этого алгоритма введем несколько предварительных понятий. Назовем элементарным протоколом (сигнатуры σ_H) выражение вида $P_i(a_1^i,\dots,a_{m_i}^i)$ или вида $\bar{P}_i(a_1^i,\dots,a_{m_i}^i)$, где $P_i \in \sigma_H$, а $a_1^i,\dots,a_{m_i}^i$ суть символы (не обязательно все различные) из фиксированного потенциально бесконечного алфавита, не содержащего символов из σ_H ж). Протоколом (сигнатуры σ_H) будем называть конечное множество pr^{σ_H} элементарных протоколов, удовлетворяющее условиям:

а) если $P_i(a_1^i,\dots,a_{m_i}^i) \in pr^{\sigma_H}$, то $\bar{P}_i(a_1^i,\dots,a_{m_i}^i) \notin pr^{\sigma_H}$;

б) если $\bar{P}_i(a_1^i,\dots,a_{m_i}^i) \in pr^{\sigma_H}$, то $P_i(a_1^i,\dots,a_{m_i}^i) \notin pr^{\sigma_H}$.

Множество всех тех и только тех символов, которые встречаются на аргументных местах предикатных символов протокола pr, будем называть базисным множеством $B(pr)$ (данного протокола). Мощность множества $B(pr)$ назовем мощностью протокола pr. Протоколы pr_1 и pr_2 изоморфны ($pr_1 \simeq pr_2$), если один из них может быть сделан идентичным другому путем переименования базисного множества.

Подпротокол pr_1 протокола pr_2 ($pr_1 \leq pr_2$) есть произвольное подмножество pr_1 множества pr_2.

В указанных терминах T_H описывается так:

а) T_H применим к любому протоколу сигнатуры σ_H, и на всяком таком протоколе pr выход алгоритма T_H принимает одно из двух значений: либо $T_H(pr)=1$, либо $T_H(pr)=0$;

б) если $pr_1 \simeq pr_2$, то $T_H(pr_1)=T_H(pr_2)$;

в) если $pr_1 \leq pr_2$ и $T_H(pr_1)=0$, то $T_H(pr_2)=0$.

Равенство $T_H(pr)=0$ ($T_H(pr)=1$) совместно с условием б) интерпретируется как утверждение, что с точки зрения рассматриваемой гипотезы H экспериментальные ситуации, описываемые при данной int_H протоколом pr или любым изоморфным ему протоколом, невозможны (возможны, хотя и не обязательны) в качестве наблюдаемых и являются (не являются) всего лишь воображаемыми. Условие в) учитывает следующее тривиальное обстоятельство. Если некоторая ситуация на выходе эксперимента наблюдаема, то любая её подситуация также наблюдаема, так как такая подситуация получается из целой ситуации ограничением (например, просто волевым усилием) поля внимания наблюдателя. При этом предполагается, что на эксперимент не влияет сам факт произвольного распределения внимания наблюдателя на результаты эксперимента. В известном смысле этим утверждается объективность наблюдений.

I. 2. Пара $\langle H_0, pr_0 \rangle$ определяется фиксированной эмпирической гипотезой H_0 и протоколом pr_0 конечной мощности таким, что $T_H(pr_0)=1$.

I. 3. Теперь мы можем точно сформулировать первое требование к алгоритму предсказания A.

Пусть результат применения алгоритма A к входной паре $\langle H_0, pr_0 \rangle$ есть гипотеза H_1 (символически $A(\langle H_0, pr_0 \rangle) = H_1$).

Тогда:

а) для каждого pr из $T_{H_0}(pr)=0$ следует $T_{H_1}(pr)=0$;

б) $T_{H_1}(pr_0)=1$.

2.I. Условимся предикатный символ совместно с его интерпретацией называть предикатом.

Протоколы pr_1 и pr_2 сигнатур σ_1 и σ_2 соответственно назовем эквивалентными (символически $pr_1^{\sigma_1} \sim pr_2^{\sigma_2}$) тогда и только тогда, когда:

а) $B(pr_1)=B(pr_2)$;

б) каждый предикат из протокола $pr_1^{\sigma_1}$ определим средствами узкого исчисления предикатов (УИП) через предикаты из протокола $pr_2^{\sigma_2}$ и, наоборот, каждый предикат из протокола $pr_2^{\sigma_2}$ определим средствами УИП через предикаты из протокла $pr_1^{\sigma_1}$.

ж) Под выражением $P_i(a_1^i,\dots,a_{m_i}^i)$ ($\bar{P}_i(a_1^i,\dots,a_{m_i}^i)$) подразумевается: отношение, обозначенное символом $P_i(x_1,\dots,x_{m_i})$, выполняется (не выполняется) на данном кортеже объектов, обозначенных (взаимно однозначно) символами $a_1^i,\dots,a_{m_i}^i$.

2.2. Гипотезы H сигнатуры σ_1 и H_2 сигнатуры σ_2 назовем эквивалентными (символически $H_1 \sim H_2$) тогда и только тогда, когда для всяких протоколов pz_1 и pz_2 из $pz_1^{\sigma_1} \sim pz_2^{\sigma_2}$ следует

$$T_{H_1}(pz_1^{\sigma_1}) = T_{H_2}(pz_2^{\sigma_2}).$$

2.3. Назовем пары $<H_1, pz_1^{\sigma_1}>$ и $<H_2, pz_2^{\sigma_2}>$ эквивалентными (символически $<H_{1,2} pz_1^{\sigma_1}> \sim <H_2, pz_2^{\sigma_2}>$) тогда и только тогда, когда

$$pz_1^{\sigma_1} \sim pz_2^{\sigma_2} \quad \text{и} \quad H_1 \sim H_2$$

2.4. В этих терминах второе требование к алгоритму предсказания формулируется следующим образом.

Для всяких двух пар $<H_1, pz_1^{\sigma_1}>$ и $<H_2, pz_2^{\sigma_2}>$ из

$$<H_1, pz_1^{\sigma_1}> \sim <H_2, pz_2^{\sigma_2}>$$

следует

$$A(<H_1, pz_1^{\sigma_1}>) \sim A(<H_2, pz_2^{\sigma_2}>).$$

3. Первые два требования обеспечивают только эмпирическую осмысленность результатов применения алгоритма A и ничего не говорят о правильности, то есть успешности, этого применения. Успешные алгоритмы предсказания образуют, вообще говоря, подкласс класса тех алгоритмов, которые удовлетворяют первым двум требованиям. Выделить этот подкласс призван дополнительный постулат, составляющий третье требование к алгоритмам предсказания. Выбор этого постулата принципиально не может быть обоснован более глубокими соображениями, чем простой ссылкой на соответствующий опыт естествоиспытателей, в связи с чем единственным, как нам кажется, критерием выбора подходящего постулата должен служить успех в переоткрытиии уже известных естественнонаучных закономерностей.

Анализ истории естественнонаучных открытий свидетельствует, что различными естествоиспытателями неявно принимались разные, быть может, постулаты. Трудность точной формулировки рассматриваемого ограничения на алгоритм предсказания имеет двоякую природу. Во-первых, само по себе сложной является формализация интуитивно понимаемых постулатов. Во-вторых, критерий выбора того или другого постулата, как мы уже отмечали, носит принципиально апостериорный характер. Мы не приводим здесь ни одной из известных нам формулировок рассматриваемого требования, поскольку их экспериментальная проверка не завершена.

Авторы считают своим приятным долгом поблагодарить Ю.Г.Косарева за ряд полезных замечаний, относящихся к содержанию работы.

Поступила в ред.-изд.отд.
17. IV. 1972 г.