

Э. В. ОГАНЕСЯН, Л. С. ГАМБАРЯН, В. С. АРУТЮНЯН, В. Г. АБОВЯН

## О СЛУЧАЙНОМ И ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННОМ ПОИСКЕ

В своем поступательном развитии наука представляет все больше доказательств в пользу того, что поведение животных и человека, т. е. высшая форма мозговой деятельности, именуемая психической, складывается из взаимодействия информации, накопленной данным видом организма в процессе эволюционного развития (генетическая память), и информации, приобретаемой в процессе индивидуального развития особи.

Рассмотрение живого организма как единого целого, находящегося в постоянном взаимодействии с внешней средой, открывает широкие возможности в понимании процесса познавательной деятельности мозга.

Еще И. М. Сеченов указывал, что «организм без внешней среды, поддерживающей его существование, невозможен, поэтому в научное определение организма должна входить и среда, влияющая на него» [1].

Однако механизм переработки организмом получаемой информации, проявляющийся в виде процесса познания, может быть осуществлен с использованием различной стратегии.

В частности, Кемпбелл [2] считает, что слепые вариации и селективный отбор составляют главную стратегию процессов познания. Примерно такого же мнения придерживались многие ученые докибернетического периода, утверждая, что «открытие новых областей явлений, которые ранее не были известны, может быть вызвано только случайными обстоятельствами». Противоположной точки зрения придерживаются Ньюэлл, Минский и ряд других ученых, полагающих, что в основе стратегии процессов познания лежит целенаправленный поиск.

Решение этой проблемы, как нам кажется, имеет фундаментальное значение для развития тех аспектов бионики, которые пытаются применить природные механизмы поиска при совершенствовании прикладных алгоритмов управления.

Не претендуя на сколько-нибудь окончательное решение проблемы, нами сделана попытка осветить некоторые аспекты стратегии процесса познания, а еще точнее, высказать гипотезу относительно рассматриваемого вопроса, которая в дальнейшем должна будет проверяться на экспериментах психологического и физиологического содержания. Стратегия поиска некоторой цели в своей сущности весьма близка к стратегии поиска в некотором пространстве точки с заранее известными свойства-

ми. Этим свойством может быть мера его координат. В этом случае стратегия поиска может быть отождествлена со стратегией поиска экстремума некоторой функции в исследуемом пространстве.

Когда мы говорим о поиске экстремума функции, то при всех стратегиях предполагаем, что любые две соседние точки пространства поиска снабжены свойством быть одна выше или ниже других, следовательно, мы предполагаем, что количественная мера искомого свойства заложена во всех остальных точках. Только это обстоятельство позволяет успешно осуществить поиск с помощью целенаправленной стратегии.

Чтобы в дальнейшем иметь возможность более тщательно проанализировать эту мысль, рассмотрим конкретную стратегию одного алгоритма случайного поиска. Пусть требуется определить экстремальное значение некоторого критерия оптимальности  $Q$  в пространстве варьируемых параметров  $X_1, X_2, \dots, X_n$  функции:

$$Q = Q(X_1, X_2, \dots, X_n).$$

И пусть начальное состояние системы определяется совокупностью параметров

$$X_{1(j-1)}, X_{2(j-1)}, \dots, X_{n(j-1)},$$

где индекс  $j$  характеризует конечную точку вектора  $\bar{X}(X_1, X_2, \dots, X_n)$  в фазовом пространстве параметров.

В пространстве параметров  $X_j$  производится шаг в случайном направлении  $\bar{\xi}(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n)$ , где  $\bar{\xi}$   $n$ -мерный случайный единичный вектор, отдельные реализации которого по всем направлениям распределены равномерно. В результате этого воздействия система по некоторому случайному направлению перейдет в состояние, определяемое аргументами:

$$\begin{aligned} \bar{X}_j(X_{1j}; X_{2j}; \dots; X_{nj}; \dots; X_{nj}) \\ \bar{X}_j = \bar{X}_{j-1} + \bar{\xi}_j. \end{aligned}$$

Определим приращение критерия оптимальности после первого шага как разность его значений в предыдущем и последующем состояниях, иначе говоря, определим оценку самого направления:

$$\Delta Q_j = Q(\bar{X}_j) - Q(\bar{X}_{j-1})$$

Задавшись некоторой величиной  $k$ , проанализируем следующие три результата постановки случайных опытов:

$$k \Delta Q_i \leq -k \quad (1)$$

$$-k \leq \Delta Q_i \leq 0 \quad (2)$$

$$\Delta Q_i > 0. \quad (3)$$

Назовем результативным случайный опыт, если для заранее выбранного  $k > 0$  имеет место условие (1).

Удачным будем называть тот случайный опыт, при котором имеет

место условие (2), и неудачным тот, при котором имеет место условие (3).

В последнем случае движение происходит в направлении, противоположном оптимуму. Таким образом, оценку направления мы производили в трехбальной системе. Сущность стратегии поиска заключена в следующем.

Если опыт оказался результативным, то продолжается движение в том же направлении до тех пор, пока не нарушится условие (1), т. е. пока опыт оказался удачным, то постановкой очередного эксперимента выбирается новое случайное направление без возврата в исходное состояние. Наконец, если опыт оказался неудачным, т. е. система движется по направлению, противоположному экстремуму, производится реверс, иначе говоря, меняются знаки всех приращений и удваиваются модули [3]. Предполагаемый алгоритм можно записать в виде рекуррентных выражений для одного компонента вектора  $X$ :

$$X_{ij} = X_{i(j-1)} + \Delta X_{ij},$$

где

$$\Delta X_{ij} = \begin{cases} C \cdot \Delta X_{i(j-1)} & \text{при условии 1} \\ \xi_{ij} & \text{при условии 2} \\ -2\Delta X_{i(j-1)} & \text{при условии 3} \end{cases}$$

$\xi_{ij}$  — очередная реализация компонента случайного вектора.

Кроме того, в алгоритме предусмотрена адаптация величины  $k$ , которая меняется в зависимости от конкретных свойств поверхности.

Алгоритм был проверен на вычислительной машине типа «Раздан-2» и показал хорошие результаты. Теперь на примере описанного алгоритма рассмотрим вопрос его целенаправленности. Прежде всего нетрудно показать, что описанная стратегия существенно сокращает число проб, а следовательно, и ошибок по сравнению со стратегией «слепого» поиска.

Вряд ли можно сомневаться в том, что целенаправленная стратегия быстрее приводит к цели. Однако что позволило при поиске экстремума использовать целенаправленную стратегию?

Прежде всего наличие распределенности искомого свойства среди всех точек поиска.

Кроме того, мы использовали некоторую информацию об оптимизируемом объекте, которую можно сформулировать следующим свойством: из двух точек пространства та ближе к искомой, в которой искомого свойства больше. Именно наличие этого второго свойства нам позволяет оценивать произвольное случайное направление и выбирать целеустремленно наилучшее направление. Иначе говоря, мы можем следующим образом сформулировать необходимые условия организации целенаправленной стратегии. Для организации целенаправленного поиска необходимо наличие априорной информации, позволяющей осуществить обратную связь, корректирующую направления движения. Эта априорная инфор-

мация эффективно может быть использована лишь в том случае, когда с конечной вероятностью можно определить взаимосвязь отдельных элементов поиска через меру свойства, содержащегося в каждом элементе.

Для наглядности анализа рассмотрим дискретное множество в виде шаров, цвет которых меняется непрерывно от белого через серый к черному. Мы видим, что это множество обладает свойством распределенности, т. е. в каждом из элементов имеется свойство быть черным и, следовательно, можно ввести меру степени черноты каждого элемента.

Если применительно к такому множеству потребуется определить наиболее черный шар, то задача может быть решена с использованием целенаправленной стратегии лишь в том случае, если соблюдено условие, при котором чем дальше расположены шары от черного, тем они белее.

В более общем случае требуется знание закона распределения элементов множества в пространстве.

Если указанное свойство элементов с близкими свойствами отсутствует, то организация целенаправленного поиска не представляется возможной. Само собой разумеется, что при отсутствии свойства распределенности целенаправленный поиск также невозможен. Например, если рассматриваемое множество состоит из разноцветных шаров, то естественно, что отыскать черный шар можно только простым перебором или «слепым поиском».

Таким образом, мы приходим к выводу, что целенаправленный поиск возможен только в такой ситуации, где возможно установить связь между отдельными элементами поиска. При отсутствии такой связи поиск может быть только слепым.

Следовательно, можно предположить, что в процессе познания одинаково используется как слепой, так и целенаправленный поиск. В тех случаях, когда поиск осуществляется в множестве, где взаимосвязь между отдельными элементами установлена наукой, или точнее предыдущей информацией, процесс познания, вероятно, осуществляется с помощью целенаправленной стратегии. В тех же случаях, когда поиск предпринимается в совершенно неизученной ситуации, стратегия может быть только слепой.

Таким образом, при перемещении в некотором условном пространстве от хорошо изученных явлений и законов к малознаменным областям процесс познания, вернее его механизм, будет переходить от целенаправленной стратегии к слепой. Очевидно, что чем больше знаний приобретает человек, тем больше становится область, где процесс познания осуществляется с помощью целенаправленной стратегии.

Теперь вернемся к упомянутой выше цитате о том, что новые области явлений могут быть открыты только случайно, и рассмотрим понятие меры новизны.

Мера неопределенности любого опыта определяется энтропией. Однако известно, что степень неопределенности опыта  $\beta$  может уменьшить-

ся с помощью опыта  $\alpha$ , предшествующего опыту  $\beta$ . Факт уменьшения неопределенности  $\beta$  осуществленном  $\alpha$  выражается разностью энтропий

$$H(\beta) - H(\alpha).$$

Таким образом, новизна данного явления может характеризоваться степенью устранения неопределенности.

Поскольку мы убедились, что при целенаправленном поиске необходимо наличие некоторой априорной информации, то открытия, сделанные при такой стратегии, как правило, снимают меньше неопределенности, чем при слепой стратегии, где априорная информация равна нулю. Отсюда, по всей видимости, складывается убеждение, что слепой поиск всегда приводит к более крупным открытиям, или что крупные открытия обязаны случаю.

Лаборатория нейробионики  
АН АрмССР

Поступило 16.IX 1970 г.

Է. Վ. ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ, Լ. Ս. ՂԱՄԲԱՐՅԱՆ, Վ. Ս. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ, Վ. Գ. ՍԻՌՎՅԱՆ

### ՊԱՏԱՀԱԿԱՆ ԵՎ ՆՊԱՏԱԿԱՍՈՒԱՑ ՈՐՈՆՄԱՆ ՄԱՍԻՆ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Հոդվածում բերվում է էքստրեմումի որոնման պատահական և նպատակասլաց ալգորիթմների համեմատությունը:

Նշվում է, որ էքստրեմումի պատահական որոնումը ավելի արդյունավետ է, քան նպատակասլաց որոնումը, եթե հետաքրքրող միջավայրի մասին հայտնի սկզբնական ինֆորմացիան շատ փոքր է:

### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Сеченов И. М. Рефлексы головного мозга. Изд. АН СССР, М., 1961.
2. Кэмпбелл Д. Т. Самоорганизующиеся системы. Изд. Мир, М., 1964.
3. Оганесян Э. В., Степанян Э. Л., Азатян Л. Г., Пештмалджян Л. М. Вопросы теории и практики автоматической оптимизации промышленных объектов. Ереван, 1968.