

§ 15-2. ПОНЯТИЕ О САМООБУЧАЮЩИХСЯ СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

В самом общем случае под самоорганизующейся системой в кибернетике понимается система, упорядоченность, организованность которой со временем возрастают. В предельном случае такая система в исходном состоянии представляет собой совокупность элементов, связанных друг с другом совершенно случайным образом. Затем в результате взаимодействия с внешней средой постепенно в системе возникают стойкие связи между элементами, т. е. возникает определенная структура со специализацией составляющих ее элементов по выполняемым функциям. Пробразами технических самоорганизующихся систем являются живые организмы, которые, как известно, и возникли путем самоорганизации в порядке эволюции из неживой природы. Первую техническую модель самоорганизующейся системы создал английский ученый Р. Эшби (гомеостат Эшби) [14].

Важнейшим свойством самоорганизующихся систем является их способность к обучению и самообучению. Рассмотренные в предыдущем параграфе самоорганизующиеся САУ являются простейшими САУ такого типа. Они не обладают какими-либо принципиально новыми возможностями по сравнению с самонастраивающимися системами. Однако благодаря тому, что в самоорганизующихся САУ структурная схема может целенаправленно изменяться в процессе эксплуатации, в них может быть реализована идея самоусовершенствования алгоритма работы и самого критерия качества. Такие самоорганизующиеся САУ называются самообучающимися САУ. В этих системах качество управления (например, точность, если она выбрана критерием качества управления) повышается со временем в ходе эксплуатации системы.

Самообучающиеся САУ представляют собой высший тип систем автоматического управления, стоящий по своим принципиальным

возможностям на уровне живых существ. Именно на базе самоорганизующихся САУ в будущем будут созданы технические системы, превосходящие по своим «мыслительным» способностям человека. Однако в настоящее время работа по созданию САУ такого типа находится еще на самом начальном этапе. Работа идет пока главным образом в направлении копирования простейших образцов живой природы.

Простейшую самообучающуюся САУ можно представить как результат автоматизации процесса усовершенствования алгоритма работы контура адаптации несамообучающейся адаптивной САУ, который до автоматизации должен был осуществляться человеком по мере накопления опыта эксплуатации системы. Для этого система дополняется вторым контуром адаптации со своим управляющим устройством, который действует значительно медленнее первого контура адаптации, корректируя алгоритм последнего по результатам анализа его многократной работы в ходе эксплуатации системы. Очевидно, что *управляющее устройство этого второго контура адаптации должно обязательно обладать памятью*. Второй контур адаптации имеет свой критерий качества управления, для вычисления и оптимизации которого управляющее устройство этого контура воздействует на первый контур пробными и поисковыми сигналами подобно тому, как управляющее устройство первого контура адаптации воздействует на контур основной САУ.

В свою очередь, второй контур адаптации может быть дополнен еще более медленно действующим третьим контуром адаптации, улучшающим со временем алгоритм второго контура и т. д. В целом самообучающиеся САУ имеют многоступенчатую иерархическую структуру с несколькими этапами адаптации, из которых каждый последующий имеет все более обобщенный алгоритм функционирования, более медленный ритм работы и соответственно более долговременную память.

Примером самообучающейся САУ может быть рассмотренная в § 15-1 система управления роботом, когда третий, верхний уровень иерархии управления включает в себя алгоритмы коррекции и улучшения в процессе накопления опыта при эксплуатации робота первоначально заложенных типовых алгоритмов второго уровня, алгоритмов первичной обработки информации от чувствительных устройств, а также синтезируемых на третьем уровне алгоритмов выполнения отдельных заданий в случае их многократного повторения.

В качестве другого примера самообучающейся САУ можно привести описанную в предыдущем параграфе самоорганизующуюся систему управления ПВО, дополненную надстройкой в виде второго этапа адаптации. Этот новый уровень адаптации конструктивно не обязательно должен представлять собой особый контур со своей ЦВМ, а может быть реализован в рамках ЦВМ первого контура адаптации путем усложнения программы ее

работы. Второй этап адаптации на основе данных опыта, накапливаемого в ходе многошагового процесса управления ПВО, постепенно все более уточняет характеристики средств противника и на основании этого корректирует оптимизируемый системой критерий качества управления своими средствами ПВО.

В начале действия системы оптимальное управление ПВО целиком определяется первым контуром адаптации по минимаксному критерию (см. § 13-4) при самых широких предположениях о возможных характеристиках и действиях противника.

В ходе действия системы ее второй этап обобщает данные о состоянии и действиях противника, включая его реакции на действия сил ПВО. При этом для все большей части показателей сил противника находится вероятностное, а возможно, и детерминированные характеристики. Соответственно при оптимизации управления в отношении этих характеристик минимаксный подход заменяется вероятностным (бейсовым) и детерминированным. В результате постепенно сужается множество тех характеристик противника, в пределах которых оптимизация управления осуществляется на основе минимакса. В этом и заключается самообучение как процесс перехода от незнания ко все большему знанию, т. е. ко все большей определенности поведения.

Таким образом, второй этап адаптации постепенно изменяет алгоритм работы первого этапа в направлении от минимаксного критерия к вероятностному и детерминированному. Соответственно величина риска уменьшается, т. е. повышается качество управления.

Важным классом самообучающихся систем, получившим наибольшее распространение, являются самообучающиеся системы распознавания образов (зрительных, звуковых и т. д.). Такие системы нашли применение, например, в читающих автоматах, автоматах, печатающих текст с голоса, диагностирующих (включая как техническую диагностику, так и диагностику болезней) и т. п. Разумеется, существуют и более простые автоматы подобного рода, не обладающие способностью к обучению [6, 10, 14].

Помимо самостоятельного назначения, системы распознавания образов применяются и в задачах автоматического управления (например, роботами) как устройства распознавания свойств объекта и быстромменяющейся внешней ситуации. По сравнению с методами, описанными в предыдущей главе, самообучающиеся системы распознавания позволяют принципиально более быстро получать необходимую для осуществления процесса адаптации информацию об объекте, особенно в случае сложных объектов с неизвестными или не поддающимися математическому описанию свойствами [6].

Вообще основной областью применения самообучающихся САУ являются именно такие сложные объекты с принципиально не определимыми свойствами. Примерами таких объектов служат большие системы телефонной связи, промышленные предприятия,

другие большие системы, включающие живые организмы. Управление такими объектами невозможно детерминированными управляющими устройствами. Здесь принципиально необходимо самообучающееся управляющее устройство с применением принципа распознавания образов (ситуаций) в качестве единственно возможного способа оценки состояния такого объекта [10].

Самообучающиеся САУ требуют принципиально новых методов исследования, помимо описанных в настоящей книге. Эти методы, как и сами системы, еще только создаются. Однако уже сейчас ясно, что сложность задачи, особенно в случае неалгоритмизируемых объектов, вынуждает ограничиваться при аналитических исследованиях и при моделировании на вычислительных машинах получением в основном только качественных результатов. Особое значение в этих условиях приобретает экспериментальное получение конечных количественных результатов путем автоматического процесса самоорганизации и самоусовершенствования управляющего устройства, синтезированного исходя из очень общих начальных предпосылок. Таким образом, речь идет о принципиально новом пути создания технических устройств путем автоматического синтеза их в процессе самоусовершенствования, конечный результат которого может предопределяться человеком только в самых общих чертах.