**ПЛАН**

Понятие сложной системы

Понятие обратной связи

Понятие целесообразности

Кибернетика

ЭВМ и персональные компьютеры

 Модели мира

**Понятие сложной системы**

Теория относительности, изучающая универсальные физические закономерности, относящиеся ко всей Вселенной, и квантовая меха­ника, изучающая законы микромира, нелегки для понимания, и тем не менее они имеют дело с системами, которые с точки зрения совре­менного естествознания считаются простыми. Простыми в том смыс­ле, что в них входит небольшое число переменных, и поэтому взаи­моотношение между ними поддается математической обработке и выведению универсальных законов.

Однако, помимо простых, существуют **сложные системы,** ко­торые состоят из большого числа переменных и стало быть большого количества связей между ними. Чем оно больше, тем труднее подда­ется предмет исследования достижению конечного результата — выведению закономерностей функционирования данного объекта. Трудности изучения данных систем связаны и с тем обстоятельст­вом, что чем сложнее система, тем больше у нее так называемых **эмерджентных** свойств, т. е. свойств, которых нет у ее частей и кото­рые являются следствием эффекта целостности системы.

Такие сложные системы изучает, например, метеорология — наука о климатических процессах. Именно потому, что метеороло­гия изучает сложные системы, процессы образования погоды го­раздо менее известны, чем гравитационные процессы, что, на пер­вый взгляд, кажется парадоксом. Действительно, почему мы точно можем определить, в какой точке будет находиться Земля или ка­кое-либо другое небесное тело через миллионы лет, но не можем точно предсказать погоду на завтра? Потому, что климатические процессы представляют гораздо более сложные системы, состоя­щие из огромного количества переменных и взаимодействий меж­ду ними.

Разделение систем на простые и сложные является фундаментальным в естествознании. Среди всех сложных систем наи­больший интерес представляют системы с так называемой «обрат­ной связью». Это еще одно важное понятие современного естество­знания.

**Понятие обратной связи**

Если мы ударим по бильярдному шару, то он полетит в том направлении, в котором мы его направили, и с той скоростью, с которой мы хотели. Полет брошенного камня тоже соответствует нашему желанию, если ничего не препятствует этому. Сам камень совершенно индифферентен по отношению к нам. Он не сопротивляется, если только не иметь в виду закона инерции.

Совсем иным будет поведение кошки, которая активно реаги­рует на наше воздействие. Так вот, если поведение объекта (поведе­нием будем называть любое изменение объекта по отношению к окружающей среде) зависит от воздействия на него, мы говорим, что в такой системе имеется обратная связь — между воздействием и ее реакцией.

Поведение системы может усиливать внешнее воздействие: это называется **положительной** обратной связью. Если же оно уменьшает внешнее воздействие, то это **отрицательная** обратная связь. Особый случай — **гомеостатические** обратные связи, которые действуют, чтобы свести внешнее воздействие к нулю. Пример: тем­пература тела человека, которая остается постоянной благодаря гомеостатическим обратным связям. Таких механизмов в живом теле огромное количество. Свойство системы, остающееся без изменений в потоке событий, называется **инвариантом** системы.

В любом нашем движении с определенной целью участвуют механизмы обратной связи. Мы не замечаем их действия, потому что они включаются автоматически. Но иногда мы пользуемся ими со­знательно. Скажем, один человек предлагает место встречи, а другой повторяет: да, мы встречаемся там-то и во столько-то. Это обратная связь, делающая договоренность более надежной. Механизм обрат­ной связи и призван сделать систему более устойчивой, надежной и эффективной.

В широком смысле понятие обратной связи «означает, что часть выходной энергии аппарата или машины возвращается на вход... Положительная обратная связь прибавляется к входным сиг­налам, она не корректирует их. Термин «обратная связь» применя­ется также в более узком смысле для обозначения того, что поведе­ние объекта управляется величиной ошибки в положении объекта по Отношению к некоторой специфической цели» (Н. Винер. Кибернетика.-М., 1968.- С.288). Механизм обратной связи делает систему принципиально иной, повышая степень ее внутренней организованности и давая возможность говорить о самоорганизации в данной системе.

Итак, все системы можно разделить на системы с обратной связью и без таковой. Наличие механизма обратной связи позволяет заключить о том, что система преследует какие-то цели, т. е. что ее поведение целесообразно.

**Понятие целесообразности**

Активное поведение системы может быть случайным или целесооб­разным, если «действие или поведение допускает истолкование как направленное на достижение некоторой цели, т. е. некоторого конеч­ного состояния, при котором объект вступает в определенную связь в пространстве или во времени с некоторым другим объектом или со­бытием. Нецеленаправленным поведением является такое, которое нельзя истолковать подобным образом» (Там же.- С. 286).

Для обозначения машин с внутренне целенаправленным пове­дением был специально выкован термин «сервомеханизмы». Напри­мер, торпеда, снабженная механизмом поиска цели. Всякое целена­правленное поведение требует отрицательной обратной связи. Оно может быть предсказывающим или непредсказывающим. Предска­зание может быть первого, второго и последующих порядков в зави­симости от того, на сколько параметров распространяется предска­зание. Чем их больше, тем совершеннее система.

Понятие целесообразности претерпело длительную эволю­цию в истории человеческой культуры. Во времена господства мифо­логического мышления деятельность любых, в том числе неживых, тел могла быть признана целесообразной на основе антропоморфиз­ма, т. е. приписывания явлениям природы причин по аналогии с дея­тельностью человека. Философ Аристотель в числе причин функци­онирования мира, наряду с материальной, формальной, действую­щей, назвал и целевую. Религиозное понимание целесообразности основывается на представлении о том, что Бог создал мир с опреде­ленной целью, и стало быть мир в целом целесообразен.

Научное понимание целесообразности строилось на обнару­жении в изучаемых предметах объективных механизмов целепола-гания. Поскольку в Новое время наука изучала простые системы, по­стольку она скептически относилась к понятию цели. Положение из­менилось в XX веке, когда естествознание перешло к изучению сложных систем с обратной связью, так как именно в таких системах существует внутренний механизм целеполагания. Наука, которая первой начала исследование подобных систем, получила название кибернетики.

**Кибернетика**

**Кибернетика** (от греч. kybernetike - искусство управления) — это наука об управлении сложными системами с обратной связью. Она возникла на стыке математики, техники и нейрофизиологии, и ее интересовал целый класс систем, как живых, так и неживых, в ко­торых существовал механизм обратной связи. Основателем кибер­нетики по праву считается американский математик Н. Винер (1894-1964), выпустивший в 1948 году книгу, которая так и называ­лась «Кибернетика».

Оригинальность этой науки заключается в том, что она изуча­ет не вещественный состав систем и не их структуру (строение), а ре­зультат работы данного класса систем. В кибернетике впервые было сформулировано понятие «черного ящика» как устройства, которое выполняет определенную операцию над настоящим и прошлым входного потенциала, но для которого мы не обязательно располага­ем информацией о структуре, обеспечивающей выполнение этой операции.

Системы изучаются в кибернетике по их реакциям на внешние воздействия, другими словами, по тем функциям, которые они выпол­няют. Наряду с субстратным (вещественным) и структурным подхо­дом, кибернетика ввела в научный обиход функциональный подход как еще один вариант системного подхода в широком смысле слова.

Если XVII столетие и начало XVIII столетия — век часов, а ко­нец XVII и все XIX столетие — век паровых машин, то настоящее время есть век связи и управления. В изучение этих процессов ки­бернетика внесла значительный вклад. Она изучает способы связи и модели управления, и в этом исследовании ей понадобилось еще од­но понятие, которое было давно известным, но впервые получило фундаментальный статус в естествознании — понятие **информации** (от лат. informatio — ознакомление, разъяснение) как меры органи­зованности системы в противоположность понятию **энтропии** как меры неорганизованности.

Чтобы яснее стало значение информации, рассмотрим дея­тельность идеального существа, получившего название «демон Мак­свелла». Идею такого существа, нарушающего второе начало термо­динамики, Максвелл изложил в «Теории теплоты» вышедшей в 1871 году. «Когда частица со скоростью выше средней подходит к дверце из отделения А или частица со скоростью ниже средней подходит к дверце из отделения В, привратник открывает дверцу и частица проходит через отверстие; когда же частица со скоростью ниже средней подходит из отделения А или частица со скоростью выше средней подходит из отделения В, дверца закрывается. Таким обра­зом, частицы большей скорости сосредоточиваются в отделении В, а в отделении А их концентрация уменьшается. Это вызывает очевидное уменьшение энтропии, и если соединить оба отделения тепло­вым двигателем, мы, как будто, получим вечный двигатель второго рода» (Там же.- С. 112).

Может ли действовать «демон Максвелла»? Да, если получает от приближающихся частиц информацию об их скорости и точке уда­ра о стенку. Это и дает возможность связать информацию с энтропией. Возможно в живых системах действуют аналоги таких «демонов» (на это могут претендовать, к примеру, ферменты). Понятие информации имеет такое большое значение, что оно вошло в заглавие нового науч­ного направления, возникшего на базе кибернетики — информатики (название произошло из соединения слов информация и математика).

Кибернетика выявляет зависимости между информацией и другими характеристиками систем. Работа «демона Максвелла» позволяет установить обратно пропорциональную зависимость между информацией и энтропией. С повышением энтропии умень­шается информация (поскольку все усредняется) и наоборот, пони­жение энтропии увеличивает информацию. Связь информации с эн­тропией свидетельствует и о связи информации с энергией.

**Энергия** (от греч. energeia — деятельность) характеризует об­щую меру различных видов движения и взаимодействия в формах: механической, тепловой, электромагнитной, химической, гравита­ционной, ядерной. Информация характеризует меру разнообразия систем. Эти два фундаментальных параметра системы (наравне с ее вещественным составом) относительно обособлены друг от друга. Точность сигнала, передающего информацию, не зависит от количе­ства энергии, которая используется для передачи сигнала. Тем не менее энергия и информация связаны между собой. Винер приводит такой пример: «Кровь, оттекающая от мозга, на долю градуса теплее, **чем** кровь, притекающая к нему» (Там же.- С. 201).

Информация растет с повышением разнообразия системы, но на этом ее связь с разнообразием не кончается. Одним из основных законов кибернетики является закон **«необходимого разнообразия».** В соответствии с ним эффективное управление какой-либо системой возможно только в том случае, когда разнообразие управляющей си­стемы больше разнообразия управляемой системы. Учитывая связь между разнообразием и управлением, можно сказать, что чем боль­ше мы имеем информации о системе, которой собираемся управлять, тем эффективнее будет этот процесс.

Общее значение кибернетики обозначается в следующих на­правлениях:

**1. Философское** значение, поскольку кибернетика дает новое

представление о мире, основанное на роли связи, управления, ин­формации, организованности, обратной связи, целесообразности,

вероятности.

***2.* Социальное** значение, поскольку киоернетика дает новое представление об обществе как организованном целом. О пользе ки­бернетики для изучения общества немало было сказано уже в мо­мент возникновения этой науки.

**3. Общенаучное** значение в трех смыслах: во-первых, потому что кибернетика дает общенаучные понятия, которые оказываются важными в других областях науки — понятия управления, сложно-динамической системы и т. п.; во-вторых, потому что дает науке но­вые методы исследования: вероятностные, стохастические, модели­рования на ЭВМ и т. д.; в-третьих, потому что на основе функцио­нального подхода «сигнал — отклик» кибернетика формирует гипотезы о внутреннем составе и строении систем, которые затем могут быть проверены в процессе содержательного исследования. Например, в кибернетике выработано правило (впервые для техни­ческих систем), в соответствии с которым для того, чтобы найти ошибку в работе системы, необходима проверка работы трех одина­ковых систем. По работе двух находят ошибку в третьей. Возможно так действует и мозг.

**4. Методологическое значение** кибернетики определяется тем обстоятельством, что изучение функционирования более простых технических систем используется для выдвижения гипотез о меха­низме работы качественно более сложных систем (живых организ­мов, мышления человека) с целью познания происходящих в них процессов — воспроизводства жизни, обучения и т. п. Подобное ки­бернетическое моделирование особенно важно в настоящее время во многих областях науки, поскольку отсутствуют математические те­ории процессов, протекающих в сложных системах и приходится ог­раничиваться их простыми моделями.

5. Наиболее известно **техническое** значение кибернетики — создание на основе кибернетических принципов электронно-вычис­лительных машин, роботов, персональных компьютеров, породив­шее тенденцию кибернетизации и информатизации не только науч­ного познания, но и всех сфер жизни.

**ЭВМ и персональные компьютеры**

Точно так же, как разнообразные машины и механизмы облегчают физический труд людей, ЭВМ и персональные компьютеры облегча­ют его умственный труд, заменяя человеческий мозг в его наиболее простых и рутинных функциях. ЭВМ действуют по принципу «да-нет», и этого оказалось достаточно для того, чтобы создать вычисли­тельные машины, хотя и уступающие человеческому мозгу в гибкос­ти, но превосходящие его по быстроте выполнения вычислительных операций. Аналогия между ЭВМ и мозгом человека дополняется тем,' что ЭВМ как бы выполняет роль центральной нервной системы для устройств автоматического управления.

Введенное чуть позже в кибернетике понятие самообучаю­щихся машин аналогично воспроизводству живых систем. И то, и другое есть созидание себя (в себе и в другом), возможное в отноше­нии машин, как и живых систем. Обучение онтогенетически есть то же, что и самовоспроизводство филогенетически.

Как бы не протекал процесс воспроизводства, «это — динами­ческий процесс, включающий какие-то силы или их эквиваленты. Один из возможных способов представления этих сил состоит в том, чтобы поместить активный носитель специфики молекулы в частот­ном строении ее молекулярного излучения, значительная часть ко­торого лежит, по-видимому, в области инфракрасных электромаг­нитных частот или даже ниже. Может оказаться, что специфические вещества вируса при некоторых обстоятельствах излучают инфра­красные колебания, которые обладают способностью содействовать формированию других молекул вируса из неопределенной магмы аминокислот и нуклеиновых кислот. Вполне возможно, что такое яв­ление позволительно рассматривать как некоторое притягательное взаимодействие частот» (Там же.- С. 281-282).

Такова гипотеза воспроизводства Винера, которая позволяет предложить единый механизм самовоспроизводства для живых и неживых систем.

Современные ЭВМ значительно превосходят те, которые по­явились на заре кибернетики. Еще 10 лет назад специалисты сомне­вались, что шахматный компьютер когда-нибудь сможет обыграть приличного шахматиста, но теперь он почти на равных сражается с чемпионом мира. То, что машина чуть было не выиграла у Каспарова **за** счет громадной скорости перебора вариантов (100 млн. в сек. про­тив двух у человека) остро ставит вопрос не только о возможностях ЭВМ, но и о том, что такое человеческий разум.

Предполагалось два десятилетия назад, что ЭВМ будут с го­дами все более мощными и массивными, но вопреки прогнозам крупнейших ученых, были созданы персональные компьютеры, которые стали повсеместным атрибутом нашей жизни. В перспек­тиве нас ждет всеобщая компьютеризация и создание человекопо­добных роботов.

Надо, впрочем, иметь в виду, что человек не только логически мыслящее существо, но и творческое, и эта способность — резуль­тат всей предшествующей эволюции. Если же будут построены не просто человекоподобные роботы, но и превосходящие его по уму, то это повод не только для радости, но и для беспокойства, связанного как с роботизацией самого человека, так и с проблемой возможного «бунта машин», выхода их из-под контроля людей и даже порабо­щения ими человека. Конечно, в XX веке это не более, чем далекая от реальности фантастика.

**Модели мира**

Благодаря кибернетике и созданию ЭВМ одним из основных спосо­бов познания, наравне с наблюдением и экспериментом, стал метод моделирования. Применяемые модели становятся все более мас­штабными: от моделей функционирования предприятия и экономи­ческой отрасли до комплексных моделей управления биогеоценозами, эколого-экономических моделей рационального природопользо­вания в пределах целых регионов, до глобальных моделей.

В 1972 году на основе метода «системной динамики» Дж. Форрестера были построены первые так называемые «модели мира», на­целенные на выработку сценариев развития всего человечества в его взаимоотношениях с биосферой. Их недостатки заключались в чрез­мерно высокой степени обобщения переменных, характеризующих процессы, протекающие в мире; отсутствии данных об особенностях и традициях различных культур и т. д. Однако, это оказалось очень многообещающим направлением. Постепенно указанные недостатки преодолевались в процессе создания последующих глобальных мо­делей, которые принимали все более конструктивный характер, ориентируясь на рассмотрение вопросов улучшения существующе­го эколого-экономического положения на планете.

М. Месаровичем и Э. Пестелем были построены глобальные модели на основе теории иерархических систем, а В. Леонтьевым — на основе разработанного им в экономике метода «затраты — вы­пуск». Дальнейший прогресс в глобальном моделировании ожидает­ся на путях построения моделей, все более адекватных реальности, сочетающих в себе глобальный, региональные и локальные моменты.

Споры относительно эффективности применения кибернети­ческих моделей в глобальных исследованиях не умолкают и поныне. Создатель метода системной динамики Дж. Форрестер выдвинул так называемый «контринтуитивный принцип», в соответствии с ко­торым сложные системы функционируют таким образом, что это принципиально противоречит человеческой интуиции, и таким об­разом машины могут дать более точный прогноз их поведения, чем человек. Другие исследователи считают, что «контринтуитивное по­ведение» свойственно тем системам, которые находятся в критичес­кой ситуации.

Трудности формализации многих важных данных, необходи­мых для построения глобальных моделей, а также ряд других мо­ментов свидетельствуют о том, что значение машинного моделирования не следует абсолютизировать. Моделирование может принес­ти наибольшую пользу в том случае, если будет сочетаться с други­ми видами исследований.

Простираясь на изучение все более сложных систем метод мо­делирования становится необходимым средством как познания, так и преобразования действительности. В настоящее время можно го­ворить как об одной из основных о **преобразовательной функции** мо­делирования, выполняя которую оно вносит прямой вклад в оптими­зацию сложных систем. Преобразовательная функция моделирова­ния способствует уточнению целей и средств реконструкции реальности. Свойственная моделированию **трансляционная функ­ция** способствует синтезу знаний — задаче, имеющей первостепен­ное значение на современном этапе изучения мира.

Прогресс в области моделирования следует ожидать не на пу­ти противопоставления одних типов моделей другим, а на основе **их** синтеза. Универсальный характер моделирования на ЭВМ дает воз­можность синтеза самых разнообразных знаний, а свойственный мо­делированию на ЭВМ функциональный подход служит целям уп­равления сложными системами.

**Список литературы**

1. Винер Н. Кибернетика. М., 1968.
2. Кендрью Дж. Нить жизни. М., 1968.
3. Эшби У. Р. Конструкция мозга. М., 1964.
4. Эшби У. Р. Введение в кибернетику. М., 1959.