

МАШИНОБУДУВАННЯ

УДК 62-40

В.Н. Дашкиев

ПРИМЕНЕНИЕ ОБОБЩЁННЫХ КРИТЕРИАЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ В ЗАДАЧЕ УПРАВЛЕНИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИМ КОМПЛЕКСОМ

Приазовский Государственный Технический Университет, Мариуполь, Украина

Рассмотрена проблема принятия решения интеллектуальной системой управления робототехническим комплексом в сложной, насыщенной информационной обстановке, в агрессивной интеллектуальной среде. Ключевой проблемой является несоответствие зрительного образа внешнего мира текущим условиям задачи. Предложен метод решения путем абстрагирования образа внешнего мира целевыми, критериальными функциями, построения карты распределения значений критериальных функций и принятия решения путем сличения текущей карты критериальных функций с эталонными образами, внесенными в базу знаний на этапе обучения интеллектуальной системы

Введение

1. Робототехнический комплекс, интеллектуальная система управления, абстрагирование образа внешнего мира. В настоящее время в ряде отраслей всё большее распространение получают искусственные интеллектуальные системы. Под интеллектуальностью подразумевается способность системы автономно, т.е. без участия человека-оператора, осуществлять саморегулирование или самоуправление. Однако пока что это реализовано лишь для простейших, самых примитивных случаев. В то же время задача создания интеллектуальной сложной динамической системы (СДС), способной к саморегулированию или самоуправлению в информационно насыщенной среде, в условиях риска или неопределённости – ещё далека от решения.

1. Формулирование проблемы. Все задачи саморегулирования и самоуправления интеллектуальной СДС можно представить в следующем виде. Некая система существует и функционирует во внешнем мире. (Под внешним миром понимаем все объекты, системы объектов и совокупности таких систем, не входящие в данную систему и существенно важные для её существования и функционирования). У системы имеется некая цель, отображённая в виде определённого критерия, которому придана метрика в виде соответствующей критериальной функции. В общем случае целью является некое идеальное состояние внешнего мира и (или) самой системы, которого следует достичь. Здесь метрикой системы будет определенная совокупность значений параметров внешнего мира и (или) самой системы, соответствующая идеальному состоянию. Составляющие внешнего мира (объекты, системы, совокупности систем) имеют опознавательные признаки, позволяющие распознать их самих, а также их состояние и некоторую совокупность параметров. Опознавательные признаки отображаются в виде излученных или отражённых сигналов, распространяющихся в физических полях – либо в иных носителях информации. СДС оснащена датчиками сигналов, позволяющими воспринять информацию. СДС наделена способностью распознавать в потоке сигналов – с определённой степенью вероятности – образы объектов (систем, совокупностей систем) внешнего мира, их состояние и параметры. Считаем, что во внешнем мире отсутствуют неизвестные объекты, которые в благоприятных условиях не могут быть распознаны данной системой.

В США комитетом по автономным транспортным средствам при национальном исследовательском совете национальной академии [1] издан программный документ, ставящий задачу создания, в ближайшей перспективе, в интересах военно-морских сил США, семейства автономных и полуавтономных роботизированных комплексов, способных без вмешательства человека-оператора вообще выполнять сложные задачи на суше, под водой и в воздухе (разведка и целеуказание, огневое воздействие на противника, разминирование, исследование морского дна, скрытое сообщение с подводными лодками на боевом патрулировании и т.п.).

СДС имеет исполнительные органы, способные воздействовать и изменять состояние внешнего мира либо самой системы. Функционирование системы происходит следующим образом (рис. 1).

Сходной задачей является создание интеллектуальных систем поддержки принятия решения при управлении сложными техническими системами. Данное обстоятельство вызвано резко возросшими информационными и психологическими нагрузками на лицо, принимающее решение – что повышает вероятность ошибочного решения с катастрофическими последствиями. [2], [3], [4]. Однако для упомянутых работ характерен упрощённый подход к решению проблемы. Он заключается в том, что в прикладной задаче (создания бортовой системы поддержки принятия решения экипажем самолета истребителя) в базу знаний ИС заносятся простейшие варианты решения: атака, уклонение, постановка радиопомех, бегство. Выбор вариантов решения производится исходя из определения ИС боеспособности и намерений противника путем распознавания наличных на самолете противника внешних подвесок вооружения. Однако очевидно, что чрезмерная упрощённость решения препятствует его применению на практике. В частности, обязательным компонентом решения в данной прикладной задаче является выбор оптимальной траектории. (Оптимальной либо с точки зрения экономии ресурсов – топлива – либо в ином смысле). Кроме того, визуальное распознавание типа и количества наружных подвесок возможно лишь на малых дистанциях, что дополнительно снижает ценность метода.

В [5] задача решается путем замены сложной модели, отображающей состояние управляемого объекта, аппроксимирующей ее, так называемой, номинальной (неполной) моделью с неизвестным входным сигналом

или функциональным возмущением, с последующим восстановлением его для конкретных задач. Номинальная модель должна быть достаточно простой для конструктивного решения задач анализа и синтеза, и, с другой стороны, достаточно информативной, чтобы адекватно отображать поведение реальной системы.

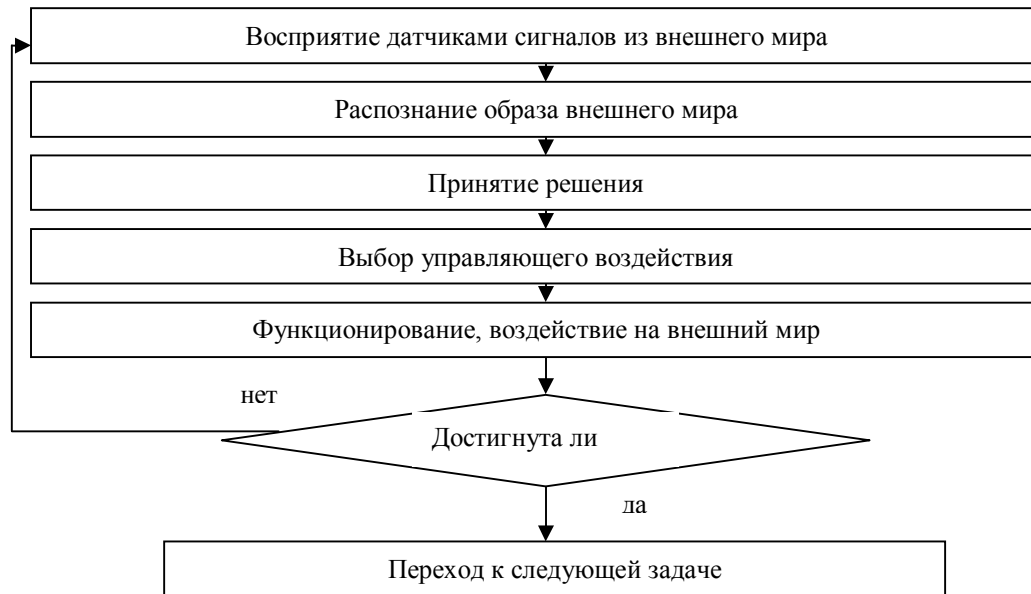


Рис. 1. – общая схема функционирования сложной динамической системы

Однако вполне очевидным недостатком упомянутой методики является ее ограниченная практическая применимость – в силу ограниченности номенклатуры объектов управления, поведение которых может быть с достаточной точностью отображено при помощи некоторой упрощенной модели. Кроме того, степень абстракции неполной модели является результатом субъективного мнения разработчика. Поэтому удовлетворительный результат может быть получен при решении сравнительно простых задач, возможные варианты решения которых, априорно, и с высокой точностью известны разработчику. Естественно, что по мере возрастания сложности управляемых систем и при повышении степени неопределенности возможности описанной методики резко снижаются.

В [6] рассматривается задача, сходная с той, которая решается в данной статье. А именно – принятие решения для случая нахождения оптимального пути для транспортного средства, перемещающегося по поверхности земли, с обходом, по пути, препятствий и «противников» (т.е. опасных зон). Причем уход от врагов достигается при помощи обхода областей их наблюдения. При этом в качестве допущения принято, что расположение препятствий и опасных зон (областей наблюдения противника) заранее известно и нанесено на оцифрованную карту местности. Задача сводится к проблеме поиска пути во взвешенном графе. Несомненно, такой подход справедлив в пределах тех допущений, которые сделал его автор, и полезен для теоретических построений. Однако анализ ее свидетельствует, что при попытке практического применения, за пределами принятых автором методики допущений остался ряд факторов, существенно влияющих на результат. Наиболее существенно условие, что препятствия и опасные зоны должны быть известны заранее и привязаны к карте местности. На практике, внешняя среда имеет динамический характер, и многие ее элементы изменяются во времени случайным образом. В большом числе случаев опасные зоны и препятствия выявляются непосредственно в процессе движения по местности. Поскольку расположение наблюдателей неизвестно – неизвестны и области наблюдения. Во-вторых, например, в ряде случаев (военного применения) транспортному средству необходимо продолжать движение, находясь в зоне наблюдения противника (и в зоне поражения его огневыми средствами). Эти зоны могут перекрываться; плотность распределения вероятностей обнаружения (поражения) зависит от множества нелинейно-связанных факторов. (В [6] данное обстоятельство учитывается введением некоторого фиксированного «штрафа», добавляемого ко всем гралям графа, чей адресат находится на вражеской территории. Естественно, что такое упрощение является чрезмерным)

В [7] принятие решения в условиях неопределенности осуществляется путем введения логического агента, действующего согласно принципу максимальной ожидаемой полезности. Логический вывод осуществляется на основе полного совместного распределения вероятностей событий, рассматривая его в качестве базы знаний. Поскольку данный источник относится к учебной литературе, в изложенной методике не детализируется решение прикладных задач – именно, в условии которых входит риск, ограничение ресурсов и времени на принятие решения. Тем не менее, он содержит идеи, могущие быть использованными в дальнейшем.

В [8] управление в условиях риска (экономическими проектами) на основе графового представления

структурных моделей проектных рисков. Оценка рисков осуществляется с помощью вероятностного анализа рисков. Существенным недостатком данного метода является необходимость вычисления вероятностей рисков какими-либо иными средствами

В [9] рассмотрена задача обеспечения работоспособности информационно-управляющей системы в условиях гарантированного отказа некоторой части системы. Моделирование функционирования системы с деградацией осуществляется с помощью сетей Петри. Вероятностные оценки отказов определяются с помощью статистических испытаний, с генерацией отказов с помощью датчика случайных чисел. Недостатком метода является необходимость получения статистических данных иными средствами.

В [10] управление сложной системой предлагается осуществить в виде взаимодействия системы интеллектуальных агентов, которые представляются в виде раскрашенной сети Петри. Недостаток метода аналогичен предыдущему: сам по себе он не содержит достаточно средств получения данных, необходимых для его практической реализации.

Помимо сказанного ранее, анализ источников показывает, что в решениях, касающихся систем военного назначения и транспорта, подход является чрезмерно упрощенным. Он не может удовлетворить совокупности факторов, влияющих на решение. Можно заметить, что в методологическом плане в упомянутых источниках поиск решения осуществляется «от метода». То есть, априорно выбирается метод решения — после чего производится его адаптация к решению конкретной задачи. Но при таком подходе в поле зрения исследователя остаются только те факторы, которые доступны данному методу. Прочие же — порой существенные условия — остаются незамеченными.

Поэтому в этих и подобных им предметных областях поиск решения следует производить «от задачи». То есть, вначале проанализировать все факторы, определяющие решение. А уже потом выбрать метод, адекватно их учитывающий. Результаты из смежных направлений также могут быть применены при наличии какого-либо одного фактора — но не всех их в совокупности. В то же время, поскольку каждое из этих решений использует принципиально разные подходы, то удовлетворение совокупности всех факторов не может быть достигнуто **суммированием** методов. То есть, для получения комплексного решения невозможно параллельно использовать несколько методов, каждый из которых обеспечивает какое-либо одно условие — и требуется качественно иной подход. Можно предположить, что в силу ограничения времени реакции, объемов базы знания и производительности аппаратной части, интеллектуальная система (ИС) будет способна находить решения только по так называемому «быстрому» алгоритму- то есть путем адаптации имеющегося в базе знаний решения к новым условиям известной задачи. То есть, функционирование ИС разделяется на два этапа: обучения и практического применения. На этапе обучения ИС самостоятельно либо с помощью человека-оператора находит оптимальные решения типовых задач и вносит их в базу знаний. А на этапе практического применения ИС осуществляет распознавание образа внешнего мира и производит выбор (адаптацию) варианта решения типовой задачи, наиболее близкого текущему образу внешнего мира. Однако априорно ясна серьезная проблема, препятствующая воплощению подобной схемы. Она состоит в очевидном несоответствии между теоретически бесконечным разнообразием вариантов состояния внешнего мира (и соответствующим бесконечным разнообразием образов, а также бесконечным разнообразием вариантов решения) — и практически конечным (вдобавок, весьма ограниченным) набором типовых задач и их решений. На первый взгляд, эта трудность представляется непреодолимой. Ситуация усугубляется наличием — в большинстве практических применений ИС — неопределённости. Некоторая часть воспринимаемой ИС информации может быть неверно истолкованной — и даже заведомо ложной. Однако ключ к решению задачи имеется и состоит в предлагаемом подходе.

2. Решение проблемы. Во-первых, необходимо снизить требования к качеству решения. Если имеется некая функция цели, в численном виде отображающая степень приближения параметров внешнего мира (или самой системы) к идеалу, в соответствии с выбранным критерием. В строгой постановке решение задачи считается найденным, когда достигнут абсолютный (для заданного диапазона) экстремум критериальной функции. Однако априорно очевидно, что точность решения, т.е. степень приближения к оптимуму, находится в функциональной зависимости от степени неопределённости. Невозможно найти точное решение оптимизационной задачи, если какой-либо из параметров (или их совокупность) имеет случайный характер, и его значение, с какой-то степенью вероятности находится в пределах некоторого диапазона. Поэтому следует отказаться от поиска строго оптимального решения и заменить его рациональным (или, иначе, ε -оптимальным решением). Понятие ε -оптимального решения было введено в [11] и подразумевает следующее. В большинстве прикладных задач моделирования (например, при создании какого-либо технического изделия) подлежащая оптимизации функция является гладкой.

Второй составляющей предлагаемого подхода является разделение решения на качественную и количественную составляющие. В самом деле, в каждой прикладной задаче имеется бесконечное число решений (сочетаний управляющих воздействий) и, соответственно, бесконечное число траекторий системы либо внешнего мира. Однако, практически в каждом случае, всё бесконечное число решений — и соответствующих им траекторий — может быть сведено к конечному — и весьма ограниченному — числу классов, каждому из которых может быть придано определённое смысловое значение. А различие между конкретными вариантами решения в пределах одного класса будет сводиться к численным характеристикам соответствующих воздействий и траекторий.

Например, для биологического объекта (животного), в случае опасности, характерны такие варианты решений: спастись бегством; атаковать; прятаться; маскироваться (изображать другой объект); подкрадываться и т.п. Примерно такие же варианты решений существуют и для ИС в военной области – например, для ударного летательного аппарата, функционирующего в условиях риска огневого воздействия противника.

Тогда процедура принятия решения будет выполняться в два этапа. Вначале подбирается класс решения, соответствующий текущему образу мира, а затем вычисляются количественные параметры реализации этого решения (т.е. параметры траектории СДС). Очевидно, что процедура вычисления количественных параметров траектории в значительной мере будет определяться характером прикладной задачи. В специальной литературе накоплен богатый научно-методический задел по оптимизации траектории СДС по каким-то частным критериям оценки. Так что можно надеяться, что в научно-методологическом плане задача определения количественных характеристик траектории СДС не представит особых трудностей. Однако всё это пригодно лишь для тех СДС, описание которых может быть формализовано, например, в виде системы дифференциальных уравнений. Однако все эти методы оказываются непригодными для плохо формализуемых СДС, при наличии неопределённости, а также в случае, когда различные варианты решения выполняются с помощью различных исполнительных органов. Кроме того, ясно, что помимо количественного отличия параметров траектории, будет иметься и некое качественное отличие, если решениями для системы будут, например: «спастись бегством», «атаковать», «подкрадываться» и т.п.

Итак, очевидно, что основные методологические трудности таятся именно на этапе выбора качественного решения.

В обобщённом виде нахождение решения для СДС означает: выбор последовательности моментов времени, в которые будут осуществляться управляющие воздействия; выбор исполнительного органа (органов), осуществляющих управляющее воздействие; выбор направления (знака) управляющего воздействия; выбор количественных характеристик управляющего воздействия. Отметим, что в ряде случаев моменты времени приложения управляющего воздействия не назначаются прямо, а определяются косвенным путём – составлением совокупности условий (например, определение состояния либо взаимного положения объектов внешнего мира и самой СДС), при выполнении которых должно быть произведено соответствующее управляющее воздействие. И проблема здесь состоит именно в ограниченности классов решения. Ведь на этапе практического применения СДС выбор решения будет состоять в распознавании образа внешнего мира – **в смысле принадлежности его к тому либо иному классу решений!** Априорно очевидно, что одному и тому же классу решений будет соответствовать множество весьма различающихся между собой совокупностей состояний и параметров внешнего мира, например, зрительных образов. Налицо несоответствие между воспринимаемым, «видимым» образом и его семантикой.

Очевидно, что образ можно представить в виде некоторого множества элементов, каждый из которых может быть отображён в виде переменной (массива переменных). Например, зрительный образ может быть представлен в виде множества элементарных единиц изображения – пикселей, каждый из которых описывается массивом переменных: координатами, яркостью, цветом и т.п. Определённое множество зафиксированных значений этих переменных принимается в качестве эталонного изображения. Воспользовавшись компьютерной терминологией, элементарную единицу образа – вне зависимости от его физического носителя и принципа воспроизведения, будем именовать пикселем. Если при обучении ИС предъявляется несколько классов объектов для распознавания, каждому классу приводится в соответствие своё эталонное множество элементов.

Значительная часть методов распознавания образов основывается на вычислении, различными способами, суммарного отклонения множества массивов переменных, определяющих параметры каждого из пикселей, в совокупности составляющих образ. относительно эталонного множества, и сравнении этого отклонения с некоторой, заранее принятой величиной допустимой погрешности. Фактически, именно допустимость погрешности (относительно эталонного образа) придаёт гибкость методам распознавания образов, позволяет разделить на несколько классов сколь угодно большое количество образов. Однако внешний мир представляет собой сложную иерархическую систему. Поэтому отдельные его объекты – и, соответственно, их образы – имеют различную информационную насыщенность. Соответственно, разные группы пикселей будут занимать разную позицию в отношении «сигнал/шум» - в зависимости от их семантики. Образно говоря, их «удельная масса» оказывается различной. Т.е., полезным сигналом может оказаться сравнительно небольшая группа пикселей, тогда как все остальные будут классифицироваться, как «шум».

Например, если исследуемая СДС функционирует в условиях риска, источником опасности может быть объект, габариты которого пренебрежимо малы в сравнении со всем внешним миром. Естественно, и образ опасного объекта будет пренебрежимо мал в сравнении с изображением всего обозреваемого пространства. Размерность объекта, принципиально важного с точки зрения принятия решения может оказаться гораздо меньше пороговой величины погрешности, допускаемой при классификации образов внешнего мира. Тогда образ этого, принципиально важного объекта может быть отнесён к погрешностям распознавания – и СДС примет принципиально неверное решение.

В качестве иллюстрации можно рассмотреть пример летательного аппарата (ЛА) военного назначения. Одной из необходимых функций системы, управляющей таким ЛА, является ориентировка на местности и привязка к карте. Это подразумевает распознавание образа местности в условиях наблюдения, изменяющихся в

очень широких пределах: под разными ракурсами, на разной высоте и разных режимах полёта, в разное время суток и года, при различной погоде. Естественно, распознаваемый образ изменяется в очень широких пределах – и допустимое отклонение текущего образа от эталонного (погрешность) должно быть велико.

Однако, речь идёт о стационарных, неизменно присутствующих элементах образа, служащих опознавательными признаками для навигации ЛА, привязке его к карте местности. Однако, помимо них, могут присутствовать объекты иного содержания. Например, зенитно-ракетная установка. В сравнении с ориентирами на местности, размеры её настолько невелики, что (при распознавании образа «напрямую», т.е. существующими методами распознавания образов) она вполне может быть отнесена к погрешности, вызванной условиями наблюдения. Между тем, как факт её наличия (или отсутствия) имеет принципиально важное значение – ибо требует совершенно различных решений. В случае обнаружения опасности СДС вынуждена прекратить выполнение поставленного задания и предпринять меры к собственному спасению.

Как уже отмечалось выше, характерной особенностью СДС является сложность и иерархическая структурированность решаемых ими задач. Очевидно, что образы, которые необходимо распознавать при поиске решения на разных иерархических уровнях – не совпадают.

Итак, главной проблемой является несовпадение границ классов на разных иерархических уровнях задачи. При почти идентичных прямых опознавательных признаках, образы внешнего мира, соответствующие одному и тому же решению задачи могут быть совершенно различными. И, напротив, разные опознавательные признаки могут соответствовать одному и тому же решению. Поэтому распознавание задачи необходимо вести по опознавательным признакам наивысшего уровня – то есть в наиболее обобщенных, абстрактных категориях. Схема действий такова: распознавание начинается с низшего иерархического уровня, с прямых опознавательных признаков физических (или иных элементарных) объектов. Затем из них, поэтапно, синтезируются образы все более высоких уровней – до предельно обобщенной, абстрактной оценки состояния внешнего мира. Затем находится соответствующее абстрактное решение и осуществляется его поэтапная декомпозиция до низшего уровня команд исполнительным органам СДС.

Выше упоминалось допущение о том, что каждой задаче может быть предписана численная мера степени её выполнения – критериальная функция. Часто численную меру лучше представлять в безразмерном виде. Для СДС характерна высокая степень неопределённости процессов, происходящих во внешнем мире. Было бы логично в качестве численной меры успешности решения выбрать вероятность достижения желательного (идеального) состояния объекта (подсистемы) внешнего мира. Успешность функционирования СДС в целом может быть представлена вероятностью достижения идеального состояния всего внешнего мира. Она представляет собой предельно обобщённую, абстрактную оценку состояния внешнего мира. Все решения задач низших иерархических уровней должны быть направлены на максимизацию этой вероятности. Иерархически ниже абстрактной оценки – эмоциональная направленность внешнего мира, могущая представлять собой совокупность нескольких критериев, типа: «опасность», «интерес», «препятствие», «полезность», прочие – либо оцениваемая по одному, определяющему критерию.

Ключевым моментом предлагаемого метода является разработка способа обобщенного оценивания состояния внешнего мира. Если в качестве обобщенной оценки будет принята вероятность выполнения главной задачи, то возможно применение следующих методов:

- расчет величины вероятности с помощью математического аппарата теории вероятностей;
- построение опережающего прогноза путем моделирования поведения внешнего мира на некоторый промежуток времени вперед;
- предварительное внесение в базу знаний вариантов взаиморасположения элементов внешнего мира и соответствующих им значений вероятности – с последующим распознаванием текущих условий методами распознавания образов.

Конечно, до практического создания подобных систем, априорно, нельзя отдать предпочтение какому-либо из указанных методов, равно как и исключить возможность применения иных методов. Пока что все методы равно заслуживают внимания. Однако любой из методов для своей реализации требует наличия некоторой совокупности исходных данных. Для их получения необходимо:

- распознать объекты внешнего мира, привязать их к карте местности;
- по хранящейся в базе знаний библиотеке характерных признаков каждого объекта досрапознать эти признаки;
- определить состояние каждого распознанного объекта, его количественные и качественные характеристики, например, состояние, параметры движения, временные характеристики жизненного цикла, прочие;
- синтезировать из образов объектов виртуальный внешний мир.

Рассмотрим метод обобщенного оценивания состояния внешнего мира путем распознавания образов. Наибольшую трудность здесь представляет именно создание абстрактного образа внешнего мира. Как уже отмечалось, физическое изображение напрямую здесь не может быть использовано. Однако решение задачи для ИС будет представлять собой выбор некоторой траектории в пространстве и осуществление некоторых действий в заданные моменты времени в заданных точках пространства.

Поэтому логично увязать пространственно-временной образ решения задачи с пространственно-временным образом состояния внешнего мира. Тогда абстрактный образ внешнего мира может быть представлен, как изображение некоторых, критичных функций в пространстве и времени. В качестве критичных функций могут быть использованы такие категории, как «опасность», «интерес», «препятствие», «полезность», «степень неизвестности», «достижимая область пространства» - и прочие.

Исходя из распознанных образов, ИС синтезирует мгновенную виртуальную «карту» абстрактных категорий – то есть искомый образ задачи. Каждой абстрактной категории на карте соответствует своя зона, «цвет» и интенсивность (весовая оценка). Например, для боевого летательного аппарата, преодолевающего противоздушную оборону противника зона «опасность» будет совпадать с областью эффективной стрельбы, а весовая оценка (интенсивность) каждой точки этой зоны будет соответствовать вероятности поражения ЛА в этой точке. «Карта» является мгновенной и непрерывно меняется с изменением объектов внешнего мира и ИС.

Так, в пространстве существует «мгновенная допустимая область» - в любую точку которой СДС может попасть через определенный промежуток времени. Ее границы определяются как собственными динамическими (энергетическими и инерционными) характеристиками СДС, так и наличием препятствий и опасных зон. «Мгновенная допустимая область» перемещается вместе с самой СДС, а ее форма изменяется с изменением параметров движения СДС и появлением препятствий. Существенно, что за пределы «мгновенной допустимой области» СДС не сможет попасть ни при каких обстоятельствах! Аналогичные области имеются для функции обзора окружающего пространства, предельных условий функционирования исполнительных органов и прочих целевых действий. Но при любом методе абстрактного оценивания внешнего мира сложность будут представлять нераспознанные объекты и скрытая часть пространства. Ведь при вычислении вероятностей, при построении опережающего прогноза либо при распознавании образов - в любом случае необходимы достоверные данные о состоянии объектов внешнего мира.

Между тем, налицо неопределенность: можно «смотреть, но не видеть» - то есть в силу ограничения времени, часть обнаруженных объектов остается нераспознанной; из-за ограничения разрешающей способности датчиков часть важных опознавательных признаков – особенно в дальней зоне – остаются необнаруженными; часть пространства остается скрытой от наблюдения за неровностями рельефа и другими объектами. ИС остается только замечать недостающие сведения их прогнозом. При этом ИС может руководствоваться следующими гипотезами:

а) в ближайшее время состояние внешнего мира не изменится – то есть плотность распределения величин критичных функций останется неизменной, в сравнении с обозреваемой частью пространства. Оценка состояния внешнего мира произведена верно, невзирая на нераспознанные объекты и необозреваемое пространство;

б) в ближайшее время состояние внешнего мира ухудшится – то есть текущая оценка состояния внешнего мира слишком оптимистична, в скрытых областях пространства и вокруг нераспознанных объектов распределение плотностей величин критичных функций изменится в неблагоприятную сторону. (Например, плотность распределения опасности повысится. Или внезапно возникшее препятствие ограничит мгновенную допустимую область.

в) в ближайшее время состояние внешнего мира улучшится – то есть текущая оценка состояния внешнего мира слишком пессимистична, в скрытых областях пространства и вокруг нераспознанных объектов распределение плотностей величин критичных функций изменится в благоприятную сторону.

В биологических ИС предпочтение той или иной гипотезе определяется «характером» системы – типа «оптимист», «пессимист», «реалист».

«Характер» искусственной ИС можно изменять – то есть управлять предпочтениями гипотез в зависимости от задачи, состояния СДС и накопленных знаний.

Итак, можно предложить общую схему поиска решения при функционировании СДС, выполняющей сложную, иерархически структурированную задачу.

Вначале выстраивается иерархия задач. Далее, для каждой задачи, выполняемой СДС, выбирается цель (желаемое состояние внешнего мира) и критерий её достижения, функция цели (критериальная функция), динамические параметры СДС и внешнего мира. Выбираются объекты СДС и внешнего мира, существенно влияющие на достижение цели и на значение критериальной функции. Выделяются опознавательные признаки объектов, их состояния и параметров. Далее определяются зависимости значений критериальных функций от состояния, параметров и взаимного расположения объектов внешнего мира и СДС. На этапе обучения СДС определяется эталонный вариант условий задачи: взаимное

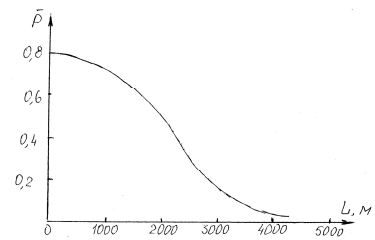


Рис. 2. Пример графика критериальной функции – график вероятности поражения летательного аппарата зенитно-ракетным комплексом (критичная функция „опасность”)

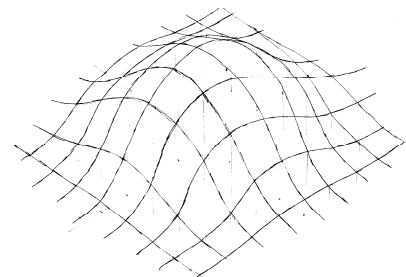


Рис. 3. Фрагмент карты критичных функций, построенной согласно графику рис. 2

расположение, состояния и параметры элементов СДС и внешнего мира. Для каждой точки пространства существования и функционирования СДС (физического пространства или какого-то иного) вычисляется значение соответствующей критериальной функции - псевдоизображение. Этот образ («образ задачи») вносится в базу знаний ИС, как эталонное изображение. Если критериев для данной задачи – несколько, то псевдоизображение критериальной функции вычисляется для каждого критерия по отдельности. Далее осуществляется поиск оптимального решения, соответствующего эталонным условиям, состоянию и параметрам внешнего мира и самой СДС. Найденное решение заносится в библиотеку решений базы знаний. Между псевдоизображением (набором псевдоизображений), т.е. «образом задачи» и решением устанавливается адресная связь. После внесения в базу знаний образов и решений всех, назначенных разработчиком эталонных задач, этап обучения заканчивается. На этапе практического применения вначале осуществляется обзор окружающего СДС пространства, выделение физических (или иных элементарных) объектов, распознавание их образов, определяется состояние объектов и прочие параметры. Далее, для всех, решаемых СДС в текущий момент задач, выбираются цели и критерии. Для каждого иерархического уровня и каждой отдельной задачи на этом уровне в каждой точке обозреваемого пространства вычисляются значения соответствующие значения критериальной функции (функций). Специальной обработке подвергаются участки пространства, несущие неопределённость (области неуверенного распознавания, скрытые от наблюдения и т.п.). В этих областях неизвестные значения критериальной функции заменяются их прогнозом (исходя из накопленного опыта, эмоциональной «оптимистической» или «пессимистической» настройки, экстраполяции известных значений критериальной функции в областях, где неопределённость отсутствует и т.п.)

Далее полученный образ критериальной функции подвергается распознаванию – точно так же, как зрительное изображение. Т.е. определяется класс образа, по которому находится адрес хранения в базе знаний соответствующего решения. С этой целью успешно могут быть использованы, например, вейвлет-преобразования [] – а также иные методы обработки и распознавания зрительных изображений.

Найденное решение адаптируется к текущим условиям (либо принимается без изменения), и на его основе вырабатываются команды исполнительными органам, которые осуществляют воздействие на внешний мир. Далее процесс циклически повторяется до выполнения поставленной задачи либо до прекращения функционирования СДС по какой-либо иной причине.

Вывод. Предложенный метод критичных функций позволит преодолеть проблему несоответствия границ классов распознаваемых задач при функционировании СДС. Дальнейшее направление исследований, очевидно, будет связано с разработкой методического аппарата прогнозирования значений критериальных функций в областях с неопределённостью, а также с выбором рациональных методов распознавания образов.

Список литературных источников

1. Autonomous vehicles in support of naval operations. Committee on Autonomous Vehicles in Support of Naval Operations. Naval Studies Board. Division on Engineering and Physical Sciences. National Research Council of the National Academies. The National Academies Press. 2005 – 257 p.
2. Турновский М.Б., Федун Б.Е. Сравнение и оценка спецификаций алгоритмов бортового интеллекта самолёта-истребителя в дуэльной ситуации дальнего воздушного боя. // Известия РАН. Теория и системы управления. 2004. № 6, с. 118-131
3. Ткаченко А.П., Федун Б.Е. Оценка эффективности спецификаций алгоритмов бортового интеллекта антропоцентрического объекта. // Известия РАН. Теория и системы управления. 2003. № 5, с. 102-122
4. Федун Б.Е. Бортовые оперативно-советующие экспертные системы для антропоцентрических объектов. // Известия РАН. Теория и системы управления. 2003. № 6, с. 145-152
5. Попов Э.В. Динамические интеллектуальные системы в моделировании и проектировании, Москва: МИФИ, 1996
6. F. Markus Jönsson. Поиск оптимального пути для транспортных средств на оцифрованных картах реальной местности. Пер. с англ. С.Ю. Анисимова. The Royal Institute of Science, School of Engineering Physics, Stockholm, Sweden. 1998. – 50 p. (This paper is presented by the Department of Numerical Analysis and Computing Science)
7. Рассел Стюарт, Норвиг, Питер. Искусственный интеллект: современный подход, 2-е изд.: Пер. с англ. — М.: Издательский дом "Вильямс", 2006. — 1408 с.: ил. — Парал. тит. англ.
8. Бондарева Т.И. Структурные модели и методы оценки рисков при планировании проекта. Дисс. на соискание уч. степ. канд. техн. Наук. На правах рукописи. Харьков: ХНАКУ (ХАИ), 2005. – 156 с.
9. Бородавка Н. П. Методы и информационная технология разработки компонентных функциональных структур для обеспечения живучести бортовых информационно-управляющих систем. Дисс. на соискание уч. степ. канд. техн. Наук. На правах рукописи. Харьков: ХНАКУ (ХАИ), 2007. – 175 с.
10. Quan Bai, Minjie Zhang. Coordinating Agent Interactions Under Open Environments// Advances in applied artificial intelligence // edited by John Fulcher. University of Wollongong, Australia. Idea Group Publishing (an imprint of Idea Group Inc.), 2006. ISBN 1-59140-829-6 (ebook) – 309 p.1. Автор, Заголовок статьи, *International Journal of Science and Technology*, Vol.X, No.X, 19XX, PP. XX-XX.
11. Айзекс Р. Дифференциальные игры. М.: Мир, 1967. – 256 с.
12. Дьяконов В.П. Вейвлеты. От теории к практике. М.: «Солон-Р», 2002. – 448 с.