

## КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ И АРХИТЕКТУРА СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ВЫРАБОТКИ РЕШЕНИЙ

**Р.Ф. Хабибуллин**

Процессы планирования и управления в организационных системах, процессы проектирования систем различного назначения, а по сути любые нетривиальные процессы человеческой деятельности, являются процессами принятия решений. Одним из основных факторов успеха в бизнесе, управлении, да и в повседневной жизни является качество принимаемых решений. Принятие решения состоит в выборе и реализации одного из нескольких возможных альтернативных вариантов действий. Различные действия и мероприятия, реализующие принятые решения, вызывают самые разнообразные последствия, как приносящие выгоды, так и могущие повлечь значительные потери. Реализация тех или других решений часто связана с существенными затратами. Все это накладывает большую ответственность на лиц, принимающих решения (ЛПР), - руководителей, специалистов, проектировщиков и т.д., - и усложняет проблемы, стоящие перед ними. Проблема, стоящая перед ЛПР, состоит в том, чтобы среди всех возможных альтернативных курсов действий (возможных решений) выбрать такой, который будучи реализован при тех состояниях объекта и его окружения, которые будут иметь место, приведет к допустимым и, по возможности, наилучшим с точки зрения достижения целей ЛПР результатам-последствиям.

Исследование и разработка методов принятия решений, в том числе математических, составляют содержание таких разделов науки, как теория управления организациями, системный анализ и теория систем (см. [1 - 4]), исследование операций и методы оптимизации (см., например, [5 - 7] и библиографию в них).

В процессе принятия решения можно выделить следующие 5 аспектов:

- Регистрация, сбор и накопление данных, фактов, знаний, необходимых для выработки качественных решений. Без необходимых данных о фактическом состоянии ситуации и имеющихся возможностях решение будет приниматься в условиях большой неопределенности, что уменьшает его шансы быть эффективным и результативным.

- Обработка и переработка данных, извлечение из них содержательной информации, необходимой и полезной для принятия эффективного решения.

- Выработка эффективных вариантов решения. Это процесс поиска та-

кого варианта решения, который мог бы быть выбран в качестве окончательного решения, если бы была уверенность, что лучшего варианта в данных условиях нет, или уже не стоит искать дальше. В процессе такого поиска обычно вырабатывается несколько вариантов решения, претендующих на роль наилучшего, окончательного решения, конкурирующих между собой.

- Собственно акт выбора решения - оценка и сравнение эффективных вариантов решений и окончательное принятие решения. Сам выбор может занимать доли секунды, однако, чтобы выбор оказался наилучшим большое значение имеют все процессы, которые с необходимостью предшествуют выбору решения.

- Реализация принятого решения.

Регистрация, сбор, накопление и хранение данных, а также их обработка являются в большой степени техническими процессами. Центральными в процессе принятия решения являются процессы извлечения полезной информации, выработки эффективных вариантов решения и собственно сам выбор.

На сегодняшний день можно считать, что проблемы, связанные с обработкой данных, с технической стороны более или менее успешно разрешены. Для регистрации, сбора и хранения данных, а также реализации относительно простых запросов к ним, разработаны и широко используются различные системы управления базами данных (СУБД), для выполнения более сложных видов обработки информации разработаны методы интеллектуального анализа данных (data mining) и средства оперативной аналитической обработки (OLAP) на основе концепции хранилищ данных (Data Warehouse), поддерживаемые многими коммерческими системами (см., например, [14, 15]).

Для выработки эффективных вариантов решения в рамках исследования операций и теории оптимизации разработаны многочисленные методы формального синтеза оптимальных решений: математические модели и постановки задач для различных предметных областей и методы решения этих задач. На рубеже 70-х годов начался новый этап в применении количественных и системных методов в управлении, заключающийся в ориентации на создание систем принятия решений (см. [2]), а в 80-х годах были выдвинуты концепции систем поддержки принятия решений (DSS - Decision Support Systems) и экспертных систем, и начата их разработка (см., например, [8, 9], а также [10]).

Несмотря на обширные и глубокие исследования задач оптимизации планирования, управления и проектирования и неоспоримые успехи в этих областях, использование полученных результатов и методов оптимизации в повседневной практике весьма ограничено. Именно центральные аспекты принятия решения, связанные с выработкой эффективных вариантов ре-

шений, остаются наименее поддерживаемыми: многочисленные разработанные математические методы оптимизации принятия решений не находят широкого применения в обыденной повседневной практике, пакеты прикладных программ (ППП), реализующих математические методы для решения хорошо формализованных задач оптимизации и исследования операций различных типов, плохо интегрируются с другими программными системами и требуют для использования специалиста-посредника высокой квалификации; экспертные системы основаны на правилах или прецедентах из базы знаний и соответствующих механизмах вывода, требуют длительного обучения и накопления опыта и пригодны лишь для специфических применений.

Ежедневно миллионы руководителей и специалистов в различных сферах человеческой деятельности - в промышленности, финансовой сфере, управлении и других - принимают важные и ответственные решения, оказывающие серьезное влияние на деятельность организаций и жизнь многих людей, и при этом в очень малой степени используют научные методы и современные средства для выбора наилучших решений.

Таким образом, насущной остается проблема приближения компьютера и современных научных методов к лицу, принимающему решения, снабжения его удобными и эффективными средствами поддержки процесса выработки решений как для решения конкретных проблем, так и, по мере накопления опыта - для решения классов проблем и проблем, составляющих проблематику некоторой предметной области.

### **Два подхода к выработке решения**

Можно выделить следующие два основных подхода к осуществлению процесса выработки решения.

Подход, основанный на анализе решений, или *аналитический подход*, состоит в выборе одного или нескольких вариантов решения, которые затем подвергаются всестороннему анализу. Если оказывается, что рассматриваемые варианты решения недостаточно удовлетворяют всем предъявляемым требованиям, то выявляются возможные источники и причины этого, вырабатываются новые варианты решений путем корректировки проанализированных и производится анализ новых вариантов решения. Последовательные попытки изменения решений и их анализ проводятся до тех пор, пока не будет получен подходящий для использования вариант решения.

Подход, ориентированный на *синтез решения*, заключается в установлении точных условий и ограничений на совокупности значений компонент принимаемого решения и атрибутов результатов-последствий с точки

зрения их допустимости, приемлемости и желательности. Таким образом формулируется задача или комплекс задач на отыскание требуемого решения и искомый выбор определяется решением этих задач, т.е. можно сказать, что решение логическим путем выводится из требований, предъявляемых к нему.

При использовании как первого, так и второго подходов, ЛПР выступает как эксперт. Однако, при анализе решений он опирается на представления, имеющиеся в его опыте и мышлении, для оценки того, насколько рассматриваемый вариант решения удовлетворяет предъявляемым к нему требованиям и в каких направлениях может иметь смысл его попробовать изменить, в то время как при использовании подхода, ориентированного на синтез решения, ЛПР использует свой опыт и знания для точной формулировки всех общих и специфических требований, которым должно удовлетворять решение.

Заметим, что поскольку ЛПР всегда решает конкретную проблему в конкретных условиях, то ему, как правило, относительно легче определить и оценить для любого рассматриваемого сочетания значений компонентов решения, насколько оно допустимо и в какой степени удовлетворяет требованиям в данной конкретной ситуации, чем перечислить и сформулировать все общие и частные условия, определяющие допустимые сочетания. Ему легче определить и оценить для любого рассматриваемого сочетания значений характеристик результатов-последствий - приемлемо ли оно и в какой степени удовлетворяет целям, желаниям и потребностям, чем перечислить и сформулировать все общие и специфические условия, определяющие приемлемые и желательные качества и характеристики решения и баланс между ними. Кроме того, ЛПР, как правило, легче сравнить два-три конкретных варианта решения друг с другом и попытаться определить, какое из них предпочтительнее в данной конкретной проблемной ситуации, чем сформулировать общие правила сравнения и определения предпочтения, или хотя бы те, которыми он руководствуется в различных случаях.

Отметим также следующие осложнения, возникающие при попытке решения практических проблем выработки многокомпонентного решения чисто логическими способами.

- Полная или частичная неопределенность состояний объекта и его окружения, которые могут или будут иметь место в процессе реализации принятого решения.

- Недостаточная четкость, возможная неточность или плохая формализуемость при выявлении некоторых зависимостей значений результатов-последствий от значений компонентов принимаемого решения и от решения в целом.

- Нечеткость целей, противоречивость или несогласованность требований, определяющих допустимость, приемлемость и эффективность ре-

зультатов, наличие неявных, плохо формализуемых или неформализуемых требований, которые различаются в различных конкретных практических ситуациях, трудности априорной балансировки противоречивых требований и установления тонкого внутреннего равновесия между различными элементами решения.

- Принципиальная, органичная многокритериальность в оценке результатов-последствий и вызываемые этим трудности формального сравнения даже двух вариантов решения и выбора из них лучшего.

- Даже будучи полностью формализованной и детерминированной поставленная задача принятия решения может оказаться относящейся к классу так называемых труднорешаемых задач (см., например, [11]), для которых современной науке неизвестны эффективные методы решения и даже неизвестно, возможно ли в принципе построение таких методов.

ЛПР всегда решает конкретную проблему в конкретных условиях, а многие исследования в области оптимизации оперируют весьма общими математическими моделями, не учитывающими тех или других особенностей конкретных практических проблем, и это, с одной стороны, затрудняет их применение на практике, а с другой стороны, не позволяет разрабатывать эффективные методы, учитывающие эти особенности.

Все это серьезно затрудняет решение проблем на пути формального синтеза оптимальных решений и препятствует их широкому использованию на практике.

Структура проблемы принятия решения часто остается неустойчивой до тех пор, пока не будут приняты принципиальные решения по его концепции. Поэтому на практике может применяться следующая стратегия выработки решения (см. [12]), реализующая аналитический подход, - назовем ее стратегией проработки концепций.

На основе имеющейся и выявленной информации выстраивается некоторый комплекс альтернатив выбора решения в целом. Далее выбирается одна из этих концепций решения для дальнейшей проработки. При этом часть значений компонентов решения, часто выбранная “на ощупь”, временно фиксируется, и исследование ограничивается набором компонентов, взаимные отношения которых можно выявить и изучить с помощью детальной проработки и подгонки. Важнейшими составляющими процесса при этом являются как попытки взаимной подгонки значений компонентов друг к другу, так и творческое “озарение”, благодаря которому на передний план выдвигается один из перспективных комплексов частных решений. Взаимная подгонка - это попытки согласования значений компонентов решения, в процессе которых и выявляется все, что мешает, и нащупывается, почему мешает - формируется база для “озарения”.

Период проработки концепции, связанный с накоплением информации и опыта, осознанием проблемы (в частности, на экспериментах) оказы-

вадается обычно необходимым, в частности, для вынашивания идеи, для выяснения и построения в уме представления о том, насколько конкретная ситуация чувствительна к крупным, существенным изменениям концепции и какое они могут оказать на нее влияние. Это основа для интуитивного озарения. Озарение - это внезапное решение задачи, возникновение оригинальной цельной идеи, резкое изменение формулировки проблемы (смена “установки”), выявление согласованной комбинации элементов решения и т.д.

Когда такая стратегия упрощения - рассмотрение одной концепции - не приводит к удовлетворительному результату, ЛПР преобразует концепцию решения и заменяет ее новой, которая может коренным образом отличаться от первоначальной и призвана ликвидировать источник выявленных затруднений.

Таким образом, сложность проблемы может преодолеваться путем выбора временного промежуточного решения в качестве средства для оперативного исследования как ситуации, которой должно удовлетворять решение, так и взаимосвязей и зависимостей между составными частями решения. Тем самым на время резко сокращается пространство поиска, и появляется возможность сконцентрировать внимание на одном частном вопросе.

Будем исходить из того, что в процессах выработки и принятия решений в достаточно сложных практических ситуациях ЛПР неизбежно использует в качестве основы аналитический подход. В то же время подход, ориентированный на синтез решения может успешно использоваться в процессе выработки решения для решения частных хорошо сформулированных задач, обладающих эффективными методами решения, задач, сформулированных при упрощающих предположениях. Представляется, что наилучшим может оказаться путь объединения, синтеза этих двух подходов в одном, использования преимуществ обоих подходов.

## **Процесс выработки решения**

Общепризнанно, что процесс принятия решения является чрезвычайно сложным и запутанным многостадийным процессом, характеризующимся многообразием обратных связей, сочетанием интеллектуальной деятельности с применением различных моделей и методов, а также современных средств сбора и обработки информации (см., например, [1 - 3, 13]).

Процесс выработки решения является мыслительным процессом, который охватывает всю деятельность по решению соответствующей проблемы принятия решения [3], это постепенный и итеративный творческий процесс, который отнюдь не сводится к следованию некоторому на-

бору рецептов. Самая важная часть процесса выработки и принятия решения, по-видимому, совершается в голове ЛПР, в определенной мере даже в области, неподотчетной сознанию. В некоторой степени процесс выработки решения, как и любой творческий процесс, “алогичен”. ЛПР способен получать на выходе решения, которым он доверяет и которые часто оказываются удачными, хотя сам он не может объяснить, каким образом ему удалось придти к этим решениям. Само принятие решения в какой-то степени иррационально.

Для ЛПР в процессе выработки решения характерен сложный и нестабильный образ мышления на основе личного опыта, интуиции, системы ценностей. В течение продолжительных и внешне бесплодных поисков решения происходит все лучшее осознание проблемы, и ЛПР может неожиданно найти новый способ представления проблемы, позволяющий разрешить внутренние конфликты, связанные с несоответствием или несогласованностью частей решения, противоречиями между критериями и т.д. [12].

В идеале стратегия выработки решения состоит из цепочки последовательных действий (частных решений), в которой каждое действие зависит от исхода предыдущего, но не зависит от результатов последующих действий, т.е. является линейной. Если после получения результатов на одной из стадий процесса выработки решения приходится возвращаться к одному из предыдущих этапов, стратегия становится циклической.

Можно было бы поставить целью уменьшение цикличности и увеличение линейности процесса выработки решения. Однако, как было замечено выше, в достаточно сложных ситуациях, цикличность внутренне присуща процессу выработки решения. Часто бывает так, что некоторые частные аспекты проблемы остаются незамеченными или считаются несущественными до более поздних этапов работы, а когда они обнаруживаются или обнаруживается их важность, возникает потребность в пересмотре некоторых ранее принятых частных решений, или даже всего решения в целом. Кроме того, аналитический подход к процессу выработки решения в основе своей предусматривает цикличность и последовательное приближение.

С одной стороны, выработка решения (постижение истины) образует цикл: очевидная реальность - миропонимание - система познания - истина (см. [3]). С другой, внешней стороны, процесс выработки решения можно представить как итеративную процедуру, каждый цикл которой включает несколько последовательных шагов:

- Определение и уточнение проблемы принятия решения и представления (модели) о ней.
- Генерирование вариантов решения: формирование нового варианта решения или выбор направления корректировки и корректировка имеющегося варианта решения.
- Оценивание свойств, параметров и характеристик вариантов.

- Сравнение вариантов решения по их характеристикам и результатам-последствиям, к которым они могут привести.

- Выбор (отбор) вариантов решения для дальнейшего рассмотрения.

- Оценка результатов работы с точки зрения продвижения в решении проблемы принятия решения, т.е. в какой степени достигнутые результаты удовлетворяют требованиям и ожиданиям.

Если степень достижения результатов признана удовлетворительной, процесс выработки решения завершается. В противном случае цикл процедуры выработки решения повторяется снова.

В процессе выработки решения осуществляется *накопление новых знаний и информации* о свойствах и особенностях рассматриваемой проблемы принятия решения, приобретение лучшего понимания этих особенностей и взаимозависимостей между компонентами решения и результатами-последствиями, познание пределов достижимости целей, выявление источников затруднений, лучшее понимание их природы и выявление путей преодоления трудностей, обнаружение, выявление и использование благоприятных возможностей для получения желательных результатов. Это позволяет в процессе выработки решения на основе лучшего понимания особенностей конкретной решаемой проблемы выявлять и фиксировать перспективные варианты частных и общих решений и комбинаций значений компонент, а также выявлять и исключать неперспективные варианты и комбинации.

Самое трудное в любом процессе выработки решения - это преодоление сложности поиска в обширном пространстве с громадным числом комбинаций значений отдельных компонентов решения. Рациональные возможности индивидуального разума ограничены. Поэтому *процесс генерирования и поиска вариантов решения* является центральным и решающим для успешного достижения целей. Одно из основных объективных противоречий в процессе выработки решения состоит в том, что, с одной стороны, необходимо рассмотреть большое число вариантов решения с тем, чтобы не упустить лучших решений, а с другой стороны, множество вырабатываемых альтернатив может оказаться слишком большим для того, чтобы его можно было исследовать медленным способом сознательного осмысливания.

Поэтому основной базой генерирования вариантов решения является *поиск методом проб и ошибок*: вырабатываются последовательные варианты решения, его частей и компонентов, осуществляется оценка полученных вариантов и предпринимаются новые попытки. Процесс выработки решения - это многократные циклы изменений, экспериментирование с изменениями и доводка вариантов решения методом малых шагов для достижения тонкого равновесия между всеми компонентами решения (внутренняя увязка решения) и согласованности с внешними условиями. В большой



степени этот процесс опирается на опыт, интуицию и воображение ЛПР, расчет и оценку параметров и характеристик решения и его результатов-последствий при различных внешних условиях.

Если удается достаточно формализовать упрощенные частные задачи, большую пользу может принести использование ЭВМ для генерирования вариантов решения с некоторыми заданными свойствами (например, являющихся решениями формализованных оптимизационных задач), однако, как правило, они могут служить лишь основой (опорой) для формирования последующих вариантов или давать предельно достижимые оценки для рассматриваемых критериев.

### **Системы поддержки выработки решений**

Системы поддержки выработки решений (СПВР) - это новый класс систем поддержки принятия решений (СППР), направленный на то, чтобы предоставить конечному пользователю - ЛПР или аналитику - средства для выработки эффективных вариантов решения и их оценки и сравнения между собой. СПВР разрабатываются для использования руководителями любого звена и специалистами, вырабатывающими и принимающими решения в собственных или корпоративных интересах, в том числе аналитиками, прорабатывающими варианты решений для руководства.

СПВР - это проблемно-ориентированная прикладная программная система для поддержки решения конкретной проблемы или класса проблем принятия решений в определенной предметной области. Для работы с СПВР не требуется специалист-посредник. От конечных пользователей СПВР не требуется, чтобы они являлись программистами или специалистами в области использования компьютерной техники, от них не требуется, чтобы они были специалистами в области теории и методов принятия решений. Работа с СПВР осуществляется в интерактивном (диалоговом) режиме.

По классификации [9] СПВР не универсальная, а *специализированная* СППР. Системы поддержки выработки решений предназначены для решения типичных, регулярно повторяющихся в различных условиях, непрограммируемых, т.е. достаточно сложных и ответственных, проблем принятия решений. Для проблем, которые достаточно широко распространены в организациях, и в решении которых даже небольшие прегрешения могут приводить в конечном счете к существенным потерям или упущенной выгоде. Это, например, проблемы в планировании и управлении производством, финансами, запасами, грузоперевозками и т.д. СПВР не предназначены для решения уникальных, единичных или крупномасштабных проблем.

Проблемы, для решения которых разрабатываются СПВР, должны

быть в определенной степени структурированными как с внутренней (компоненты решения и их возможные значения), так и с внешней (параметры и характеристики решений, критерии оценки) сторон, и это достаточно часто имеет место на практике. Будем исходить из того, что для принятия решения необходимо выбрать количество и значения компонент решения, при этом компоненты могут принимать значения из соответствующих заданных множеств, природа которых в общем случае может быть произвольной. Если совокупность выбранных компонент и их значений в достаточной степени определяет решение, то это решение *полное*, для *частичного* решения остается неопределенность в каких-либо компонентах решения или их значениях.

Свойства каждого возможного решения характеризуются совокупностью значений набора существенных для ЛПР количественных и качественных параметров, характеристик и критериев. Для некоторых из этих характеристик могут существовать формализованные способы определения или оценки их значений, например, аналитическое выражение, алгоритм нахождения значения, определение значения в результате решения некоторой задачи и т.д. Для других характеристик, которыми оперирует ЛПР при оценке свойств решения и которые известны ему из опыта, такого формализованного способа определения значений может не быть в силу трудностей формализации или расплывчатости самого понятия характеристики. Для частичных решений может оказаться невозможным вычислить значения даже каких-то формализованных характеристик, но может быть возможна приближенная оценка предельных (граничных) или в той или иной степени ожидаемых значений.

В практических проблемах могут присутствовать условия и ограничения на совокупность значений компонент решения, определяющие с той или другой степенью жесткости их допустимость и/или приемлемость. Как правило, они выражаются в виде комбинаций условий на множество значений соответствующих характеристик или в виде условий, заданных на множестве возможных решений. Эти ограничения также могут быть как формализованными, так и неформализованными, содержащимися в знаниях и опыте ЛПР.

Таким образом, из-за наличия неформализованных характеристик, требований и условий, а также из-за многокритериальности, только само ЛПР может в конечном счете на основании совокупности значений формализованных и неформализованных характеристик и исходя из своих знаний и опыта (а также с привлечением коллег, специалистов, экспертов и др.) определить и оценить, в какой степени рассматриваемый вариант решения удовлетворяет этим условиям и ограничениям в конкретной ситуации, в которой решается проблема, оценить его допустимость и приемлемость, качество и эффективность.

Концепция СПВР исходит из того, что в достаточно сложных практических ситуациях, в общем случае, отыскание наилучшего решения представляет собой итеративный циклический процесс, являющийся сочетанием поиска методом проб и ошибок и целенаправленного перебора вариантов решения. В процессе выработки решения ЛПР может, основываясь на интуитивных соображениях, знаниях и опыте, а также на формализованных приемах и методах, вырабатывать варианты решения, его частей и компонентов, анализировать и оценивать их особенности, достоинства и недостатки и степень достижения целей, определять направления изменения вариантов решения, сравнивать варианты решения между собой и отбирать перспективные варианты для дальнейшей работы с ними, экспериментировать с вариантами решения и их изменениями, выявлять, осмысливать и накапливать информацию о решаемой проблеме и ее общих и конкретных особенностях. В процессе своей работы ЛПР использует разнообразные приемы, операции и механизмы, помогающие ему в работе, различные стратегии и технологии выработки решений.

В процессе выработки решения ЛПР выступает и как эксперт, определяя и оценивая при рассмотрении конкретных вариантов решения - насколько рассматриваемый вариант решения удовлетворяет предъявляемым к нему требованиям в данной конкретной ситуации, и как действующий субъект - профессионал в соответствующей предметной области, выбирающий направления поиска, варианты для работы и способы работы.

Основными целями разработки и создания СПВР являются:

1. Приблизить компьютер и математические методы решения задач, выработанные наукой, к ЛПР, поставить на службу ЛПР всю разработанную в науке интеллектуальную мощь, пригодную для решения конкретной практической проблемы, эффективно объединить аналитический подход к принятию решения с методами формального синтеза оптимальных решений. Формализованные математические методы и, в частности, методы оптимизации могут использоваться в СПВР для генерирования и поиска вариантов решения: формирования опорных вариантов решения, достраивания частичных решений и улучшения полученных полных вариантов решения по тем или другим критериям; а также для оценки характеристик вариантов решения и их предельных значений, для прогноза и моделирования последствий решений в различных условиях, для сравнения вариантов решения между собой и др.

2. Предоставить средства, обеспечивающие возможность эффективного использования конечным пользователем в процессе выработки решения информации, опыта и знаний о конкретных особенностях конкретной проблемной ситуации, которыми владеет только он как эксперт в предметной области и профессионал в решении соответствующих проблем. ЛПР знает - что требуется, что существенно, что хорошо, что плохо в зависимо-

сти от конкретной ситуации. Только ЛПР знает, какая дополнительная информация ему необходима и как (содержательно) извлекать и добывать ее в процессе выработки решения. СПВР - это система не для замены человека, а для расширения его возможностей в выработке эффективных решений.

3. Обеспечить интеграцию ЛПР с компьютером в процессе выработки решения. Дать ЛПР возможность организовать, проводить, реализовывать процесс выработки решения по своему усмотрению, применяя различные стратегии, технологии, приемы, методы и их комбинации, снабдить его соответствующими подходящими средствами и инструментарием. СПВР должна предоставить ЛПР возможность реализации любой стратегии выработки решения, а также возможность эффективного переключения стратегий для использования тех мыслей, которые спонтанно возникают у любого ЛПР в процессе выработки решения.

В системах поддержки выработки решений в процессе диалогового взаимодействия человека и ЭВМ особенно важен глубокий учет психологической структуры деятельности ЛПР.

СПВР должна дать основу для систематического поведения ЛПР, предоставляя возможности и средства для проведения творческого процесса выработки решения; обеспечения легкости понимания и изменения решений; хранения временных вариантов решения для одной части, пока прорабатывается другая; возможности временного игнорирования почти всего поля поиска и концентрации внимания на тех небольших его участках, где можно ожидать приемлемых решений; управления процессом выработки решения; объективирования этого процесса.

### **Основные элементы архитектуры СПВР**

Назначение архитектуры заключается в определении и тщательном описании тех функций разрабатываемой системы, которые необходимы для достижения заданной цели ([4], с. 450).

Архитектура системы (см. [4], с. 38-40) - это функциональное проявление системы с точки зрения пользователя. Она должна быть ориентирована на пользователя, т.е. должна охватывать по возможности все типы задач (в нашем случае по решению конкретной проблемы принятия решения), с которыми будет работать предполагаемый пользователь (и которые могут возникать перед ним в процессе работы). Архитектурное проектирование предназначено для подготовки спецификаций, определяемых реальными потребностями, нуждами и пожеланиями пользователя, всех существенных для пользователя свойств и характеристик. Функции, определенные в архитектуре, должны как можно полнее соответствовать требованиям и пожеланиям пользователя с учетом возможностей по их реализации

(экономических, технологических и др. ограничений). Архитектор занимается аспектами проекта, включающими любые интерфейсы с пользователем.

Подчеркнем, как и в [4], что цель проектировщика архитектуры состоит в том, чтобы позволить человеческому фактору стать определяющим (с. 450), и что симбиоз человек-компьютер представляет собой наилучшее средство для решения проблем в целом (с. 481) и, в особенности, проблем выработки эффективных решений.

Таким образом, архитектура вычислительной системы - это представление о системе с точки зрения пользователя, описание тех функций системы, которыми конечный пользователь может воспользоваться, и средств, которые предоставляются конечному пользователю.

В принципе, возможны различные способы построения архитектуры СПВР, и для различных категорий проблем могут оказаться наиболее подходящими различные архитектуры. Рассмотрим один из возможных подходов к построению архитектуры СПВР.

В соответствии с изложенными выше представлениями и концепциями конечному пользователю (КП) СПВР - ЛПР или аналитику - необходимо предоставить следующие средства:

- Средства формирования и изменения вариантов решения как путем непосредственного манипулирования значениями компонент решения, так и с использованием “интеллектуальных” средств, реализующих различные формализованные методы.

- Средства представления, анализа и оценки вариантов решения с точки зрения их допустимости, приемлемости, качества и эффективности по значениям характеристик и поведению в различных условиях.

- Средства сравнения вариантов решения между собой по различным способам и методам сравнения.

- Средства организации работы с совокупностью выработанных вариантов решения в соответствующем образом организованном рабочем пространстве конечного пользователя, а также средства для управления процессом выработки решения и другие дополнительные и служебные функции.

Конечному пользователю прежде всего необходимы средства наглядного отображения и представления в некоторой форме полных и частичных вариантов решения в процессе работы с ними для визуального восприятия, идентификации, выявления особенностей и первой самой общей оценки варианта решения. Кроме того, пользователю должны быть предоставлены удобные “ручные” средства формирования и изменения варианта решения, позволяющие в интерактивном режиме непосредственно выбирать компоненты решения и устанавливать и изменять им значения.

И те и другие средства определяются спецификой рассматриваемой

проблемы, и для обеспечения большего удобства в работе может иметь смысл связать форму представления варианта решения с соответствующими “ручными” средствами. В частности, это позволит выбирать варьируемые компоненты варианта решения непосредственно на его экранном представлении с помощью манипулятора “мышь” и немедленно отображать все производимые изменения. Такая форма представления решения (ФПР) может отображаться в одной или нескольких экранных формах, представляющих вариант решения с разных сторон, или отдельные части многокомпонентного решения. В СПВР могут быть разработаны и использоваться несколько ФПР, обладающих в различных конкретных условиях различной степенью наглядности, выразительности, удобства средств манипулирования решением, и в этом случае конечный пользователь (КП) может выбрать для работы любую имеющуюся ФПР и при желании в любой момент времени перейти к работе с другой ФПР.

Интеллектуальные средства реализуют методы формального синтеза варианта решения или его части. С их помощью может быть осуществлено формирование варианта решения, обладающего заданными свойствами или удовлетворяющего заданным условиям, являющегося решением формализованной задачи или получаемого с помощью формализованного метода. Это может быть, например, решение задачи оптимизации по заданному критерию при заданных ограничениях на значения других характеристик, использование экспертной системы или эвристического метода. Конечному пользователю нет необходимости знать используемые методы и разбираться в них. Для него важно знать, на что они нацелены и что они дают, важна содержательная сторона постановки задачи, которая решается с использованием интеллектуального средства, или направление, в котором оптимизируется решение.

Обычно варианты решения, полученные подобными методами не дают приемлемого решения практической проблемы, хотя могут дать ценную дополнительную информацию о решаемой проблеме и условиях в которых она решается (например, предельно достижимые при тех или других условиях значения критериев). Если при обращении к формализованному методу еще никакие компоненты решения не определены, то полученный им вариант решения может быть взят в качестве начального, в качестве основы для дальнейшей работы с ним.

Часто конечный пользователь (ЛПР или аналитик) из опыта, учитывая конкретные условия, уже имеет соображения в пользу конкретных значений тех или других компонентов решения, т.е. первоначальный частичный вариант решения. Это может быть концептуальный вариант, сформированный пользователем из своих предпочтений, или некоторая комбинация значений компонент, которая представляется ему перспективной, или удачная комбинация значений компонент, найденная в процессе поиска ре-

шения, или некий “каркас” варианта решения. В таком случае конечному пользователю может оказаться полезным попробовать с помощью подходящего формализованного метода, не изменяя уже установленных значений компонент имеющегося частичного варианта решения, найти и установить значения другим компонентам так, чтобы полученный вариант решения обладал по-возможности лучшими в том или ином смысле характеристиками, т.е. *достроить* частичный вариант решения в желательном направлении.

С другой стороны, если имеется некоторый вариант решения, может оказаться полезным с помощью подходящего формализованного метода попытаться его *улучшить*, т.е. отталкиваясь от имеющегося варианта решения и корректируя значения его компонент, осуществить тем или иным способом поиск варианта решения, обладающего улучшенными характеристиками.

Таким образом, формализованные методы могут использоваться в качестве формирователей начальных вариантов решения, достраивателей и улучшателей имеющихся вариантов решения. В зависимости от того, какая задача решается и какой метод используется интеллектуальным средством, может потребоваться диалоговое уточнение параметров постановки задачи или метода, сама выработка варианта решения интеллектуальным средством, в общем случае, может осуществляться в режиме диалога (см., например, [7]), а также с отображением хода процесса в той или иной форме.

Для того, чтобы при работе улучшателя не допустить изменения значений тех компонент варианта решения, которые представляются уже найденными или составляют его каркас (та комбинация значений компонент, которая определяет концепцию варианта решения, или перспективная, удачная комбинация значений), пользователь должен иметь возможность защитить эти значения, например, пометить их как временно запрещенные к изменению, и тогда улучшение будет производиться по множеству оставшихся компонент решения. С другой стороны, пользователю может оказаться полезным другой тип помечивания - тех компонентов решения (и только их), которые разрешается варьировать, изменять на данной стадии процесса выработки решения - для выделения части решения (подпроблемы, подзадачи, фрагмента решения), чтобы работать только над ней. В этом случае значения всех остальных компонент решения (установленные или не установленные) не будут доступны для изменения интеллектуальными средствами на этой стадии. Средства обоих типов для помечивания как отдельных компонент, так и компонент определенного типа, по-видимому, лучше всего связать с формами представления решения.

Многие существующие формализованные методы легко реализуются в качестве достраивателей и улучшателей, в том числе в условиях, когда

часть компонент решения выделена как переменные задачи, а часть компонент помечена как запрещенная к изменению. Однако большое количество методов, в особенности методов дискретной оптимизации, пригодно только в качестве формирователей начального варианта решения и с трудом трансформируется или не трансформируется вообще для применения в качестве достраивателей и улучшателей, поскольку, как правило, такие методы начинают работу “с пустого места” и строят только полный вариант решения. Иногда удается построить соответствующие модификации методов, но в целом необходимы соответствующие новые постановки задач, учитывающие частичную определенность решения или то, что поиск осуществляется только на части компонент задачи, а также исследования и разработка методов решения таких задач. Это достаточно важная проблема для того, чтобы можно было полноценно реализовать рассматриваемую концепцию СПВР.

Для всесторонней оценки полного или частичного варианта решения СПВР может предоставить конечному пользователю самые разнообразные средства. Это могут быть расчет и отображение значений характеристик рассматриваемого варианта решения, решение расчетных и экстремальных задач для прогноза и оценки средних или предельно достижимых значений характеристик при различных условиях и предположениях, численное и имитационное моделирование и т.д. - все то, что представляет или может представлять ценность для пользователя и может быть получено с использованием математических методов и компьютерной техники. Одним из способов организации обращения к функции оценивания может быть использование фиксированных в системе *форм оценки* (ФО). При обращении к той или другой ФО пользователю предоставляются реализованные в ней средства для оценки варианта решения и наглядного отображения результатов оценивания, а также средства работы с ФО. Процесс оценивания может происходить в диалоговом режиме, когда, например, КП задает те или другие параметры системы и ее окружения, которые представляются ему в достаточной степени вероятными, и наблюдает, к каким последствиям может привести рассматриваемый вариант решения в этих условиях.

Для сравнения выработанных вариантов решения между собой необходимы как средства парного, индивидуального сравнения вариантов решения, так и средства группового сравнения произвольного числа вариантов решения. Средства индивидуального сравнения служат для сравнения рассматриваемого варианта решения с некоторым другим в наглядной форме, позволяющей выявить сходство и различие вариантов решения в деталях, в значениях их характеристик, определить степень влияния различий в вариантах решения на их характеристики. Такой способ сравнения может также использоваться для сравнения типа “было - стало”, т.е. когда вариант решения, в котором сделаны некоторые изменения, сравнивается с



исходным вариантом для того, чтобы увидеть в каком направлении сделанные в варианте решения изменения повлияли на его свойства, качества и характеристики. Средства группового сравнения позволяют проанализировать общие различия между несколькими выбранными вариантами решения, выявить сходство и различие в вариантах решения и значениях их характеристик, ранжировать варианты решения по тем или другим критериям или по их совокупности. Один из способов обращения к функции сравнения - использование фиксированных в системе *форм сравнения* (ФС). Формы сравнения могут объединять в себе некоторый способ сравнения вариантов решения, в том числе с использованием формализованных методов, средства работы пользователя при использовании этого способа и формы наглядного отображения результатов сравнения, а также возможности обращения к внешним системам сравнения (см., например, [8]).

Таким образом, основными элементами рассматриваемой архитектуры СПВР являются формы представления решения (ФПР) и реализованные на них средства “ручного” формирования и изменения вариантов решения, средства помечивания компонент решения как для временного запрещения их изменения, так и для выделения варьируемой на данной стадии процесса части решения; формы оценки (ФО) и сравнения (ФС) вариантов решения и, наконец, интеллектуальные средства формирования и изменения вариантов решения по формализованным методам - формователи начального варианта решения, достраиватели и улучшатели. Важнейшими элементами архитектуры СПВР являются также средства, предоставляемые конечному пользователю для работы с вариантами решения, и средства управления ходом процесса выработки решения.

### **Средства работы с вариантами решения**

Возможны различные механизмы и способы эффективной поддержки процессов выработки решений и способы их реализации в различных архитектурах СПВР. Представляется, что важнейшая часть этих механизмов - средства работы с вариантами решения. Рассмотрим один из возможных способов организации работы с вариантами решения.

Процесс выработки решения, как об этом уже говорилось выше, представляет собой, в общем случае, множество попеременно осуществляемых подпроцессов. ЛПР то работает над одним вариантом решения, пытается его сформировать, улучшить, попробовать различные вариации, то, оставив на время работу над ним из-за возникших трудностей, пытается сформировать другой вариант решения, который, как ему кажется, поможет преодолеть возникшие затруднения, или реализовать внезапно возникшую перспективную идею. ЛПР начинает чувствовать особенности конкретной проблемной ситуации и у него спонтанно возникают идеи и мысли, как

можно было бы изменить рассматривавшийся ранее вариант решения в лучшую сторону. Чтобы проверить эти идеи, ЛПР возвращается к нему на новом витке спирали или начинает работу над новым вариантом и продолжает попытки нащупать решение проблемы. Видимо, таковы особенности творческих процессов, процессов творческого мышления, благодаря которым, может быть, оно и продуктивно, и СПВР должны поддерживать возможности такой работы конечного пользователя.

Процесс проработки концептуального, принципиального варианта решения имеет смысл осуществлять в отдельной *рабочей области* конечного пользователя. В системе должна быть начальная рабочая область, в которую КП попадает в самом начале работы, а в ходе работы КП должен иметь возможность по мере необходимости создавать другие рабочие области и работать в них, переходя при желании в любой момент времени из одной рабочей области в другую, от работы над одним концептуальным вариантом решения к работе над другим, и возвращаясь обратно к прерванным процессам. Рабочая область, в которой в этот момент работает КП, и только она одна, является активной.

В различных архитектурах СПВР рабочие области могут быть по-разному устроены - просто или более сложно, слабо или сильно структурированы - и предоставлять конечному пользователю различные возможности.

Прежде всего, в каждой рабочей области имеет смысл всегда иметь один основной, *опорный* вариант решения, который углубленно прорабатывается в этой области, от которого развиваются подпроцессы изменений. Опорный вариант решения - это частичный или полный (чаще частичный) вариант решения, который является основой для построения, анализа и проработки вариантов решения, являющихся его пополнением и изменением, вырабатываемых на его основе и порождаемых из него. Это может быть в некотором смысле каркас решения, вариант решения, от которого инициируются процессы изменений, источник подпроцессов генерирования других вариантов решения.

Кроме опорного варианта решения в рабочей области имеет смысл всегда иметь особый динамичный вариант решения, с которым конечный пользователь непосредственно работает в каждый момент времени - назовем его *текущим*. Как и опорный вариант решения, текущий вариант решения в рабочей области только один. Именно он представляется пользователю в выбранной форме представления решения (ФПР). Только он доступен для непосредственного изменения как с помощью ручных, так и с помощью интеллектуальных средств, и все изменения сразу проводятся на нем. Именно текущий вариант решения оценивается при обращении к формам оценки (ФО) и сравнивается с другими вариантами решения как индивидуально, так и в групповом сравнении при обращении к формам сравнения (ФС).

При входе в систему пользователь может ввести или скорректировать базовые исходные данные, определяющие рассматриваемую конкретную проблему принятия решения и условия, в которых она решается. В начале процесса выработки решения открывается и активизируется начальная рабочая область с первоначально пустым (т.е. с неустановленными значениями компонент) опорным вариантом решения и совпадающим с ним текущим вариантом. Пользователю доступны все функции анализа, формирования и изменения текущего варианта решения, т.е. средства манипулирования, интеллектуальные средства, средства оценивания и сравнения.

Пользователь может формировать и изменять текущий вариант решения с помощью ручных и интеллектуальных средств, при этом все изменения производятся только в текущем варианте решения. КП может оценивать его с помощью ФО. Сформировав частичный или полный вариант, заслуживающий более внимательного рассмотрения, КП может сделать его новым опорным вариантом решения с помощью команды *Сделать опорным*, т.е. присвоить значение текущего варианта решения опорному варианту в активной рабочей области. С помощью этой же команды КП может присвоить значение текущего варианта решения опорному варианту во вновь создаваемой (пустой) рабочей области, не открывая ее и не переходя в нее. Только этой командой можно изменить значение опорного варианта решения.

Если в процессе варьирования текущего варианта решения пользователю не удалось получить удовлетворяющий его результат, он может с помощью команды *Вернуться к опорному* восстановить в текущем варианте решения опорный вариант и начать процесс варьирования в другом направлении, например, используя другой достраиватель или улучшатель.

Полученный в процессе работы вариант решения КП может временно сохранить в рабочей области под некоторым именем - назовем такие варианты решения *запомненными*. Запомненный вариант решения - это эскизный или достаточно проработанный вариант решения, сохраненный в рабочей области с тем, чтобы при необходимости можно было снова вернуться к нему для дальнейшей работы над ним. Запомненные варианты решения создаются конечным пользователем в рабочей области по мере необходимости и доступны в операциях сравнения с ними текущего варианта решения. Их можно активизировать и продолжить работу над ними. При активизации запомненного варианта решения всегда создается его копия в текущем, в которой и могут осуществляться все изменения.

Если в процессе работы КП получил вариант решения, который, по его мнению, является одним из лучших среди полученных и рассмотренных на данный момент вариантов, и может оказаться претендентом на эффективное решение проблемы, он может сохранить его под некоторым

именем в памяти в качестве *рекордного* варианта решения. Рекордные варианты решения являются общими для всех рабочих областей и прямо доступны из любой рабочей области (когда она активна) для активизации или сравнения текущего варианта с ними.

В любой момент времени КП может перейти работать в другую рабочую область, при этом, если пользователь в ней уже работал раньше, он попадает в то состояние, в котором был перед выходом из нее.

Можно обойтись перечисленными средствами, которые предоставляют хотя и ограниченные, но во многих случаях достаточные возможности для выработки эффективных решений (см. [16]). Однако можно дополнительно предоставить конечному пользователю и другие более развитые средства работы с вариантами решения, с которыми во многих случаях ему может оказаться удобнее и продуктивнее работать.

Для воплощения идей, связанных с развитием опорного варианта решения, КП может создавать по мере необходимости, формировать и работать с одним или несколькими *рабочими* вариантами решения, итеративно изменяя и уточняя их.

Рабочие варианты решения (частичные или полные) связаны с опорным, порождены из него, вырабатываются на его основе - это варианты развития, параллельные продолжения опорного варианта решения в различных направлениях. Активный рабочий вариант решения - это вариант, который содержательно рассматривается и прорабатывается в данный момент, над которым КП работает, который он *пробует* дополнить, изменить, улучшить и т.д. - и смотрит, что получается.

Для формирования и изменения рабочего варианта решения предназначен соответствующий режим. Конечный пользователь может перейти в него в любой момент работы. При включении режима в рабочей области создается рабочий вариант решения под именем, задаваемом пользователем, ему присваивается значение текущего варианта решения, и он приобретает статус активного рабочего варианта. Текущий вариант решения рассматривается теперь как вариация активного рабочего варианта решения и связывается с ним. Пользователю доступны все средства формирования и изменения текущего варианта решения, средства его оценки и сравнения с другими вариантами. Все изменения производятся только в текущем варианте решения, и пользователь может, например, выполнить сравнение текущего варианта решения с активным рабочим вариантом, чтобы увидеть, к чему привели произведенные им изменения. Пользователь может вернуться к активному рабочему варианту решения, используя команду *Вернуться к рабочему*, и попробовать изменить его в другом направлении. Он может также сохранить полученный в результате изменений текущий вариант решения в активном рабочем варианте, а при необходимости также сохранить его как новый рабочий вариант решения (без его

активизации), или в качестве запомненного или рекордного варианта решения, или даже сделать его опорным в своей или во вновь создаваемой рабочей области.

При возврате к опорному варианту решения, активизации запомненного или рекордного вариантов решения, созданный рабочий вариант сохраняется в рабочей области, а режим формирования и изменения рабочего варианта решения автоматически выключается. Наоборот, этот режим всегда автоматически включается при активизации любого имеющегося рабочего варианта решения.

Для того, чтобы можно было, попробовав изменить рабочий вариант решения в разных направлениях, сравнить полученные варианты решения между собой, конечный пользователь может формировать *пробные* варианты решения. Пробный вариант решения - это вариант, полученный на базе рабочего варианта путем попыток его варьирования с помощью ручных средств, с использованием того или другого дистраивателя или улучшателя. Пробный вариант решения всегда связан с соответствующим рабочим вариантом, порожден из него. Конечный пользователь по желанию может сформировать несколько пробных вариантов одного рабочего варианта решения, получая их разными способами, например, используя различные дистраиватели, улучшатели, а также ручные средства.

Режим работы с пробным вариантом решения доступен только при работе в режиме формирования и изменения рабочего варианта решения, т.е. когда имеется активный рабочий вариант решения и текущий вариант решения связан с ним. При включении режима работы с пробным вариантом решения он создается в рабочей области под именем, задаваемом конечным пользователем, ему присваивается значение текущего варианта решения, и он приобретает статус активного пробного варианта. Текущий вариант решения рассматривается теперь как вариация активного пробного варианта решения и связывается с ним. Пользователю доступны все средства анализа, формирования и изменения текущего варианта решения и он может работать над ним, сохраняя при желании произведенные изменения в активном пробном варианте решения. Конечный пользователь может вернуться к активному рабочему варианту решения с помощью команды *Вернуться к рабочему*, и попробовать сформировать другие пробные варианты решения, а затем проанализировать и сравнить все пробные варианты активного рабочего варианта решения с тем, чтобы выбрать из них более предпочтительные для дальнейшего рассмотрения, или убедиться в бесперспективности дальнейших улучшений данного рабочего варианта.

В режиме работы с пробным вариантом решения пользователь также может сохранять текущий вариант решения в качестве нового рабочего варианта, запомненного или рекордного вариантов решения, или даже сделать его опорным в своей или во вновь создаваемой рабочей области. При

активизации другого имеющегося рабочего варианта решения режим работы с пробным вариантом автоматически выключается. При активизации запомненного или рекордного вариантов решения, а также при возврате к опорному автоматически выключаются оба режима.

Отметим, что при использовании рабочих и пробных вариантов решения, можно не использовать запомненных вариантов, они становятся практически не нужны.

Рабочая область хранит опорный и текущий варианты решения вместе со всей совокупностью выработанных пользователем рабочих, пробных и запомненных вариантов, т.е., в общем случае, стадию работы над одним опорным вариантом решения. В любой момент работы конечный пользователь может воспользоваться функцией просмотра вариантов решения как в активной рабочей области, так и в других рабочих областях, для общего анализа того, что наработано, и наведения порядка в своем рабочем пространстве.

Как уже отмечалось, основа процесса выработки решения - это метод проб и ошибок. Если попытка изменения варианта решения оказывается удачной - она закрепляется и развивается пользователем в дальнейшем процессе. Если попытка изменения решения оказывается неудачной, необходимо вернуться к тому варианту решения, от которого делались попытки изменения. Поэтому очень важно, чтобы конечный пользователь не только имел возможности изменить вариант решения с помощью различных средств, но и мог вернуться к тому варианту решения, который он пытался изменить, и предпринять новые попытки, или даже вернуться к более раннему варианту решения. Эти возможности предоставляют команды *Возврата к опорному варианту решения* и *Возврата к рабочему варианту решения*. Дополнительную возможность могут предоставить команда *Пометить состояние текущего* варианта решения и команда *Вернуться к прежнему текущему*, которая восстанавливает в текущем варианте решения последнее его помеченное состояние, если после помечивания не было активизации других вариантов решения.

Отметим также другое важное средство для эффективного проведения процесса выработки решения - это возможность сравнения типа "было - стало". Конечный пользователь может сравнить текущий вариант решения, в котором произведены те или другие изменения с тем, вариацией которого он является в настоящий момент - с опорным, активным рабочим или активным пробным вариантами решения. При использовании механизма помечивания состояния текущего варианта решения появляется дополнительная возможность сравнения с последним помеченным состоянием текущего варианта решения.

## Литература

1. Клиланд Дж., Кинг В. Системный анализ и целевое управление. - М.: Сов. радио, 1974. - 280 с.
2. Американский капитализм и управленческие решения (теория и методы принятия решений). - М.: Наука, 1977. - 288 с.
3. Дж. ван Гиг. Прикладная общая теория систем. В 2-х кн. -М.: Мир, 1981. -732 с.
4. Клир Дж. Системология. Автоматизация решения системных задач. - М.: Радио и связь, 1990. - 554 с.
5. Современное состояние теории исследования операций. /Под ред. Н.Н.Моисеева. - М.: Наука, 1979. - 464 с.
6. Исследование операций. В 2-х т.т. /Под ред. Дж.Моудера, С.Элмаграби. - М.: Мир, 1981.
7. Евтушенко Ю.Г. Методы решения экстремальных задач и их применение в системах оптимизации. - М.: Наука, 1982. - 432 с.
8. Борисов А.Н., Виллюмс Э.Р., Сукур Л.Я. Диалоговые системы принятия решений на базе мини-ЭВМ: Информационное, математическое и программное обеспечение. - Рига: Зинатне, 1986. - 195 с.
9. Ларичев О.И., Петровский А.Б. Системы поддержки принятия решений: современное состояние и перспективы развития // Итоги науки, т. 21. Техническая кибернетика. - М.: ВИНТИ, 1987. - С. 131 - 164.
10. Трахтенгерц Э.А. Компьютерная поддержка принятия решений. -М.: СИНТЕГ, 1998. - 376 с.
11. Гэри М., Джонсон Д. Вычислительные машины и труднорешаемые задачи. - М.: Мир, 1982. - 416 с.
12. Джонс Дж.К. Инженерное и художественное конструирование (Современные методы проектного анализа). - М.: Мир, 1976. - 374 с.
13. Корнилова Т.В., Тихомиров О.К. Принятие интеллектуальных решений в диалоге с компьютером. - М.: Изд-во МГУ, 1990. - 192 с.
14. Киселев М., Соломатин Е. Средства добычи знаний в бизнесе и финансах // Открытые системы. - 1997. - № 4. - С. 40 - 44.
15. Шапот М. Интеллектуальный анализ данных в системах поддержки принятия решений. // Открытые системы. - 1998. - № 1. - С. 30 - 35.
16. Хабибуллин Р.Ф., Шишкин С.М. Архитектура и инвариантное ядро систем поддержки выработки решений начального уровня // Наст. сборник.