

Трофимец В.Я.

Доктор технических наук, доцент

Развитие инструментальных систем и методов военно-экономического анализа¹

На основе анализа задач, решаемых в ходе подготовки мероприятий строительства и применения Вооружённых Сил РФ, разработаны предложения по совершенствованию системы поддержки принятия решений военно-экономического анализа.

Краткий анализ задач, решаемых в ходе подготовки мероприятий строительства и применения Вооружённых Сил РФ

Проведение любого мероприятия, касающегося строительства или применения ВС РФ, требует предварительной подготовки комплексных обоснованных решений, нередко с привлечением специалистов из различных предметных областей знаний.

Это объясняется тем, что данные решения принимаются на макроуровне (в высшем звене управления) и характеризуются многообразием аспектов, которые должны быть учтены при их подготовке. Такими аспектами могут быть (рисунок 1): военный, политический, экономический, экологический, социальный и ряд других.

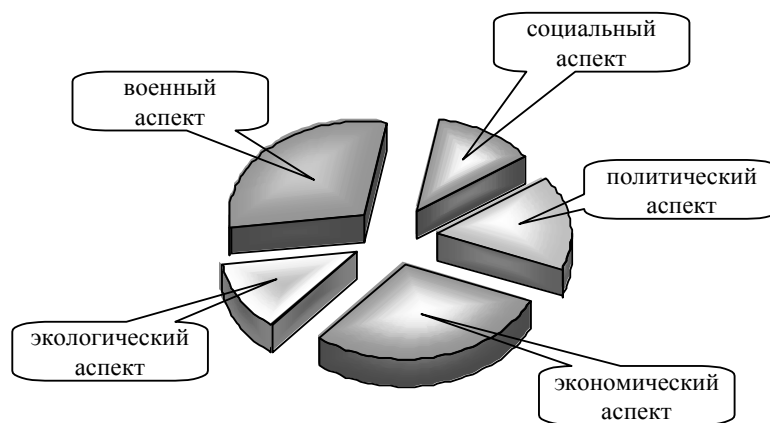


Рисунок 1 – Абстрактное представление многоаспектной задачи

Например, принятие решения о разработке новой системы вооружений (например, системы ПВО) потребует комплексного обоснования по всем вышеперечисленным аспектам и ответов на целый ряд вопросов: в военном аспекте – какое приращение боевой эффективности можно ожидать, в какой степени и какими средствами сможет его компенсировать вероятный противник и т.п.; в политическом аспекте – насколько "уязвимо" принятое решение по отношению к существующим и возможным договорам о противоракетной обороне (ПРО), какую политическую реакцию (политические санкции) можно ожидать от мирового сообщества и т.п.; в социальном аспекте – сколько рабочих мест будет создано (или сохранено), привлечение каких специалистов и из

каких проектных (научно-исследовательских) организаций потребуется и т.п.; в экологическом аспекте – какой возможный экологический ущерб может быть нанесен; в экономическом аспекте – какой размер составят прямые и косвенные затраты на реализацию проекта, конкурентоспособность системы на мировом рынке вооружений, ожидаемая прибыль от её продажи и т.п.

Другие задачи, решаемые в ходе подготовки мероприятий строительства и применения ВС, являются не менее сложными и содержат в себе множество тех или иных аспектов, значимость (вес) которых существенно меняется в зависимости от семантического существа задачи. Тем не менее, во всех этих задачах неизменно присутствует и почти всегда имеет значительный вес экономический аспект задачи. Это объясняется

¹ Статья подготовлена в соответствии с грантом Президента РФ по поддержке научных школ НШ-7.2008.10



тем, что проведение любых мероприятий требует определенных ресурсов, без наличия которых постановка задачи бессмысленна.

В зависимости от вида формулируемой постановки различают:

- задачи в «прямой» постановке, направленные на максимизацию эффекта от использования выделенных ресурсов (задачи повышения эффективности):

$$\begin{aligned} E &\rightarrow \max, \\ R &\leq R_{\text{зад}}; \end{aligned}$$

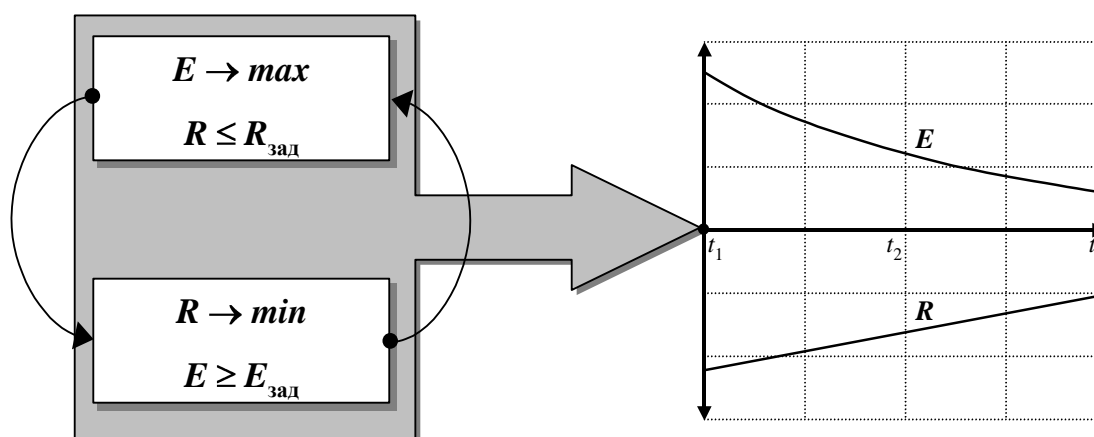


Рисунок 2 – Циклическая структура задачи в «прямой» и «обратной» постановках (на примере формирования оборонного бюджета государства)

Так, при формировании государственного бюджета министерство обороны (МО) запрашивает у государственных органов управления сумму R_1 , исходя из решения задачи $R_1 \rightarrow \min$ при $E_1 \geq E_{\text{зад}}$. Органы государственного управления, рассмотрев предложения МО, планируют выделить на военные нужды сумму в размере R_2 (для настоящего времени характерно выполнение условия $R_2 < R_1$). В свою очередь, министерство обороны, исходя из новых ограничений R_2 , решает задачу $E_2 \rightarrow \max$ при $R_2 = \text{const}$ ($E_2 < E_1$). Так как в ряде случаев наблюдаются случаи невыделения запланированных средств из государственного бюджета, то можно ожидать, что фактически выделенная сумма составит величину $R_3 < R_2$. Поэтому с достаточно большой вероятностью можно предположить, что фактический эффект E_3 будет меньше расчетного E_2 .

Неустойчивость параметра R в исследуемых постановках задач позволяет отнести

- задачи в «обратной» постановке, связанные с выбором наиболее экономичного плана достижения цели (задачи повышения экономичности):

$$\begin{aligned} R &\rightarrow \min, \\ E &\geq E_{\text{зад}}. \end{aligned}$$

Приведенные постановки тесно взаимосвязаны и часто образуют циклическую структуру (рисунок 2).

их при определенных условиях к классу *некорректно поставленных* задач, что значительно затрудняет их решение. Кроме того, и политическая нестабильность в стране увеличивает радиус неустойчивости параметра R , что ведет к решению задач в условиях еще большей неопределенности.

Неопределенность рассматриваемых задач проявляется не только в неточности (или неполноте) информации об исходных данных, но и в неопределенности между принятым решением и его исходом. По этому признаку (в современной теории принятия решений он получил название «определенность-риск-неопределенность») рассматриваемые задачи можно разделить на 3 больших класса:

1 *Задачи принятия решений при определенности (или детерминированные задачи принятия решений)*. Характеризуются однозначной, детерминированной связью между принятым решением и его исходом, т. е. оперирующей стороне относительно каждой

стратегии заранее, до проведения операции, известно, что она неизменно приводит к определенному конкретному результату.

2 *Задачи принятия решений при риске (или стохастические задачи принятия решений)*. Для них характерна вероятностная связь между принятым решением и его исходом. В этом случае каждая стратегия оперирующей стороны может привести к одному из множества возможных исходов, причем каждый исход имеет определенную вероятность появления. Предполагается, что принимающему решению эти вероятности заранее, до проведения операции, полностью известны (или могут быть определены с требуемой для целей исследования степенью точности).

3 *Задачи принятия решения в условиях неопределенности*. В задачах данного класса любое принятое решение может привести к одному из множества возможных исходов, вероятности появления которых неизвестны.

Рассмотренные задачи принятия решений (ЗПР) от наличия или отсутствия в них зависимости критерия оптимальности и дисциплинирующих условий от времени классифицируются на *статические* и *динамические* ЗПР.

В статических ЗПР критериальная функция и функция ограничений не зависит от времени. В динамических ЗПР в качестве критерия оптимальности обычно выступает функционал, а в составе дисциплинирующих условий присутствуют дифференциальные связи. В настоящее время динамические ЗПР пока ещё не получили широкого применения в экономических исследованиях.

Кроме того, в зависимости от количества целей операции и соответствующих им критериев оптимальности рассмотренные ЗПР делятся на *одноцелевые* или *однокритериальные (скалярные)* и *многоцелевые* или *многокритериальные (векторные)* ЗПР. Многокритериальные ЗПР являются наименее разработанным классом ЗПР, наибольшие успехи здесь достигнуты в отношении статических детерминированных задач.

Необходимо отметить, что рассмотренные классификации задач существуют в рамках рациональной или формально-математической (количественной) теории

принятия решений, в которой постановки задач носят исключительно формализованный характер. В свою очередь, задачи, решаемые в ходе подготовки мероприятий строительства ВС, в своей изначальной постановке имеют *концептуальный (творческий)* характер, т.е. решаются «на уровне идей». Более того, в сложных ситуациях эти задачи уникальны в том смысле, что они решаются впервые и не имеют прототипов в прошлом. При решении таких задач наибольший вес имеют не формально-математические методы, а эрудиция, опыт, интуиция и морально-этические представления лица, принимающего решения. Формальные методы здесь также очень важны, но они играют вспомогательную роль как средство, облегчающее и организующее его эвристическую деятельность.

Говоря в дальнейшем о методическом аппарате экономического обоснования планируемых мероприятий, имеется в виду, что возможна корректная формализованная постановка задачи. При этом следует учитывать, что адекватный переход от концептуальной к формализованной постановке задачи (или совокупности формализованных постановок) является больше искусством, чем наукой и представляет наибольшую трудность. В связи с этим важны промежуточные постановки (модели) задач, позволяющие более точно определить их сущность с формальной точки зрения. На наш взгляд, такими постановками могут быть постановки задач с кибернетической точки зрения, т.к. мероприятия по строительству ВС РФ – это управление развитием объекта в его фазовом пространстве.

С кибернетической точки зрения можно выделить три основных типа задач управления:

- 1 *Задачи стабилизации.*
- 2 *Задачи выполнения программы.*
- 3 *Задачи слежения.*

Задачами стабилизации системы (в нашем случае ВС) являются задачи поддержания её параметров Y (боевой потенциал, время мобилизационного развертывания и т. п.) вблизи некоторых неизменных значений Y_0 , несмотря на действия возмущений Z (например, уменьшение количества учений в



силу объективных экономических причин и т.п.), влияющих на значения Y .

Задача выполнения программы возникает в случаях, когда заданные значения управляемых величин Y_0 изменяются во времени заранее известным образом. Например, при проведении реформ в ВС РФ заранее планируется их численность и структурный состав (фазовые координаты, задающие n -мерное фазовое пространство) на определенных промежутках времени проведения реформ до достижения конечного состояния. В этом случае изменение численности и состава ВС можно рассматривать как их движение в n -мерном фазовом пространстве по заранее известной траектории (программе) p_0 .

В тех случаях, когда изменение заданных значений управляемых величин заранее неизвестно и когда эти величины должны изменяться в зависимости от других величин, возникает задача слежения, т. е. как можно более точного соблюдения соответствия между текущим состоянием данной системы и состоянием другой системы. Характерным примером задачи слежения является задача соблюдения соответствия между состоянием стратегических ядерных сил России (первая система) и стратегических ядерных сил США (вторая система).

Необходимо отметить, что при управлении развитием такого сложного объекта, как ВС РФ, имеет место одновременное решение всех трёх вышеперечисленных типов задач управления, которые и определяют траекторию развития ВС в их фазовом пространстве. Кроме того, в каждом из рассмотренных типов кибернетических задач можно выделить подтип задач оптимального управления. Их постановки характеризуются тем, что в них вводится понятие оптимальности, требующее наилучшим образом выполнить задачу при заданных ограниче-

ниях. Само понятие оптимальности конкретизируется для каждого отдельного случая и представляет собой задачу концептуального (творческого) характера. Таким образом, на основании проведенного с формальных позиций краткого анализа задач, решаемых в ходе подготовки мероприятий строительства и применения ВС РФ, можно построить их классификационную схему (рисунок 3) и сделать следующие выводы:

1 Рассматриваемые задачи в большинстве случаев имеют многоаспектный характер, что требует для их решения привлечения знаний из различных предметных областей.

2 Обязательной частью решения рассматриваемых задач является блок экономического обоснования, вес (значимость) которого может меняться в зависимости от существа задачи.

3 Рассматриваемые задачи в своей изначальной постановке являются задачами концептуального (творческого) характера, решение которых должно строиться в совместном применении формальных и неформальных процедур. Возможный подход к решению таких задач:

- декомпозиция на ряд согласованных частных (локальных) задач;
- решение творческими методами (опыт, эрудиция, интуиция и т. п.) частных задач, не поддающихся формализации (или для которых формализация нецелесообразна); решение формально-математическими методами задач, поддающихся формализации;
- согласование результатов решений частных задач и получение окончательного результата;

4 Классификационная схема задач является исходной посылкой для обоснования структуры и состава методического аппарата, ориентированного на их решение.



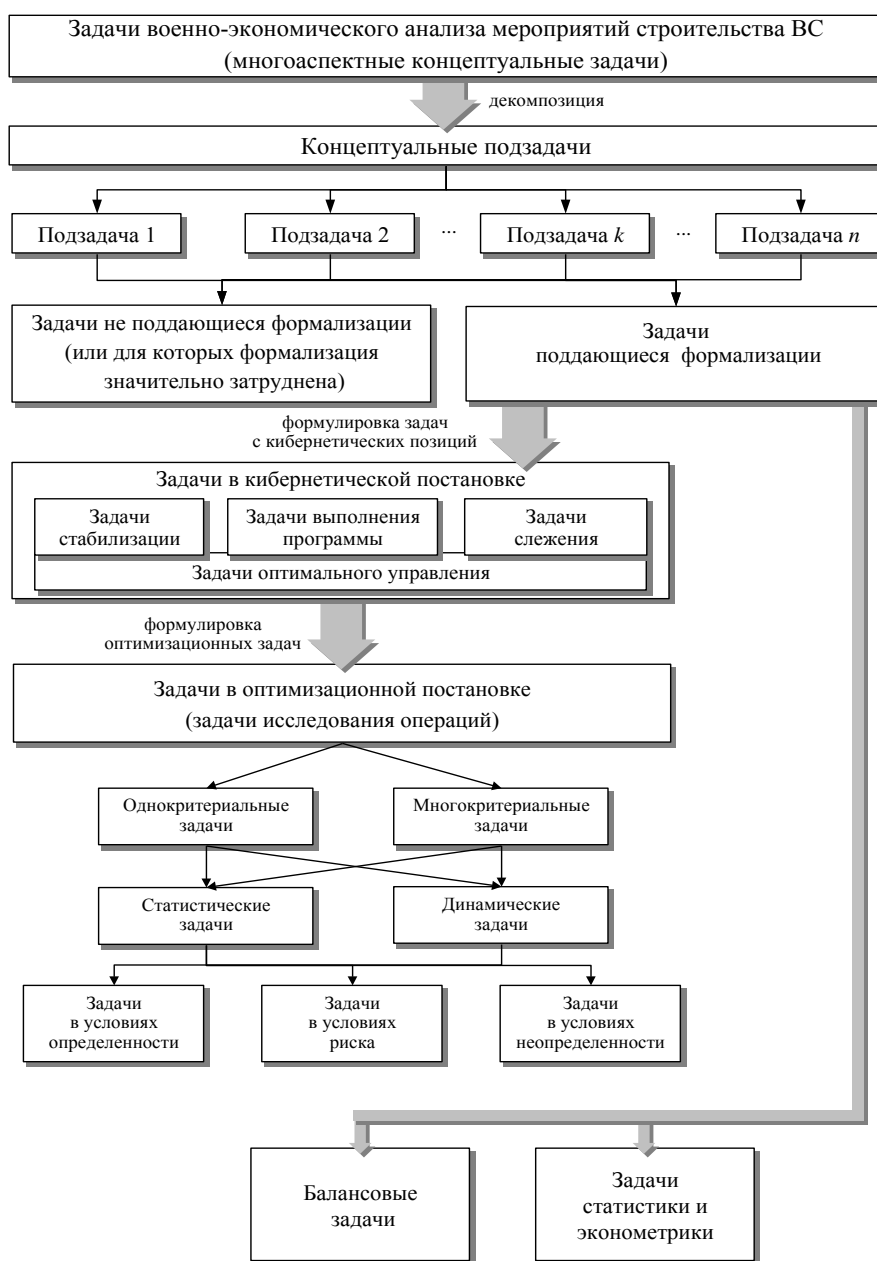


Рисунок 3 – Классификационная схема задач военно-экономического анализа

Обоснование структуры и состава методического аппарата экономического обоснования мероприятий строительства и применения Вооружённых Сил Российской Федерации

Методический аппарат экономического обоснования мероприятий строительства и применения ВС представляет собой арсенал средств экономического анализа, оценки и предсказания явлений (эффектов, процессов), проявляющихся в ходе проведения указанных мероприятий. Разработка подобного методического аппарата с формальных позиций представляет собой задачу синтеза

автомата, осуществляющего обработку информации. Входными сигналами такого автомата являются задачи, на решение которых он должен быть проблемно ориентирован, а выходными сигналами – собственно решения этих задач.

Учитывая тот факт, что при разработке методического аппарата имеет место целенаправленный процесс воспроизведения заданной совокупности функций, в основу его синтеза должен быть положен функционально-структурный подход. Данный подход основывается на предположении первичности функционального назначения системы по отношению к её структурной орга-



низации. Наиболее полно функционально-структурный подход исследован Е.П. Балашовым, им же сформулированы основные положения по построению (развитию) сложных систем на основании данного подхода. Применительно к синтезируемому методическому аппарату эти положения могут быть сформулированы следующим образом:

- структура и состав методического аппарата определяются совокупностью задач, на решение которых он ориентирован;
- между входной задачей и элементами методического аппарата в общем случае может существовать более одного соответствия;
- появление новых задач потребует введения в методический аппарат новых «решающих» элементов или образования из старых элементов синергетических конфигураций.

С позиций функционально-структурного подхода задачу разработки методического аппарата можно сформулировать как синтез такой его структуры и состава, при которых:

- вероятность нахождения за заданное время допустимых отображений поступающих на вход методического аппарата задач на множество его элементов стремится к максимуму;
- временные и стоимостные затраты на его разработку не превышают допустимых:

$$P(f : Z \rightarrow X) \rightarrow \max,$$

$$T \leq T_{\text{зад}},$$

$$C \leq C_{\text{зад}},$$

где: $P(f : Z \rightarrow X)$ – вероятность нахождения за заданное время допустимых отображений поступающих задач на множество элементов методического аппарата;

Z – множество задач, поступающих на вход методического аппарата;

X – множество элементов, образующих методический аппарат;

$f : Z \rightarrow X$ – допустимое отображение; т.е. отображение задачи на элемент методического аппарата, позволяющего решить задачу;

$T_{\text{зад}}$ – время, отведенное на разработку методического аппарата;

$C_{\text{зад}}$ – сумма, выделенная на разработку методического аппарата.

Анализируя вид предложенной целевой функции $P(f : Z \rightarrow X)$, можно сделать следующие выводы:

1 Синтезируемый методический аппарат должен обладать логичной (приспособленной для поиска) структурой, позволяющей за приемлемое время с достаточно большой вероятностью находить требуемый «решающий» элемент (методику).

2 В состав синтезируемого методического аппарата в первую очередь должны быть включены элементы (методики) решения наиболее часто встречающихся (типовых) задач.

3 Состав синтезируемого методического аппарата должен обладать достаточным разнообразием.

В качестве соображений по первому выводу может быть предложена иерархическая структура методического аппарата, в значительной степени совпадающая с иерархической структурой классификационной схемы задач (рисунок 4). Такой подход является вполне оправданным, так как подобная структура позволяет строить нисходящее «дерево» решения задачи последовательным логичным образом. Отличие структуры методического аппарата от структуры классификационной схемы задач заключается в том, что в первой из них отсутствуют (или могут отсутствовать) определенные ветви, родительскими узлами которых являются задачи, не решаемые формальными методами. Это касается главным образом неформализуемых задач или задач, для которых формализация нецелесообразна. Однако и среди этого класса задач существуют такие, при решении которых могут успешно применяться формальные методы (например, методы обработки экспертной информации). Кроме того, необходимо отметить, что в предлагаемой структуре могут отсутствовать ветви и некоторых формализуемых задач. Это объясняется тем, что методический аппарат решения таких задач находится в стадии становления и не имеет пока существенного практического значения.



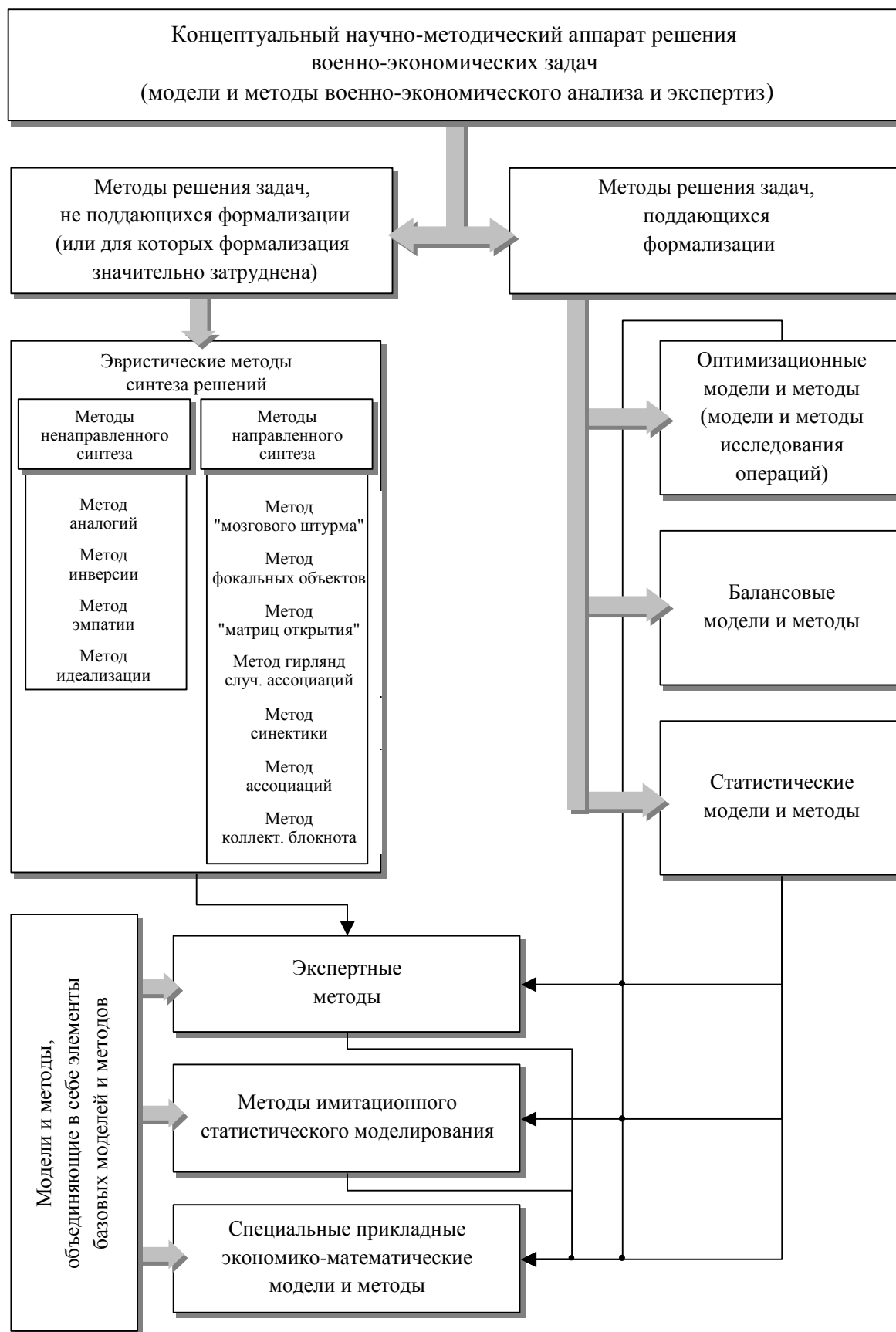


Рисунок 4 – Структура и состав концептуального научно-методического аппарата решения военно-экономических задач



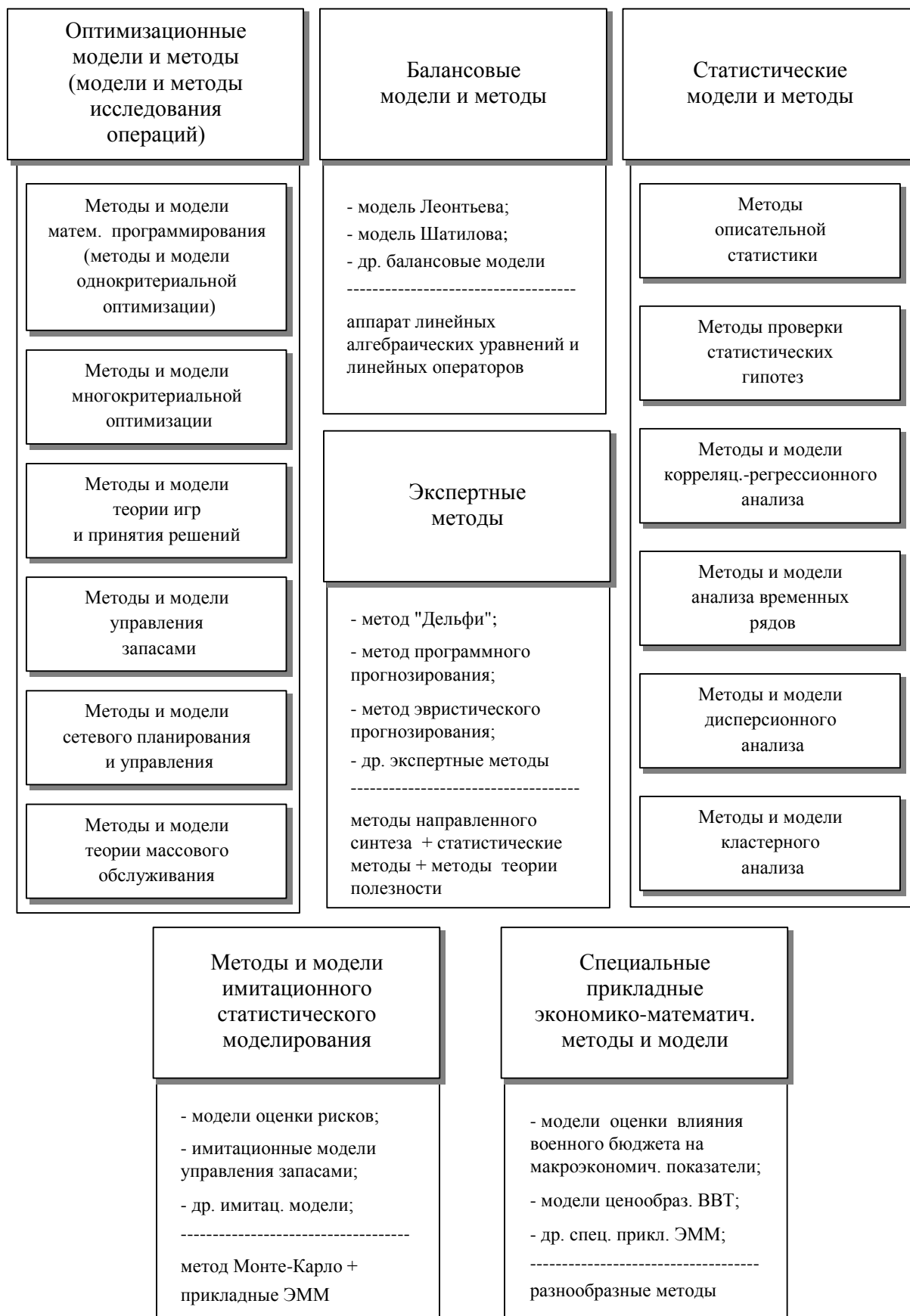


Рисунок 4 (продолжение) – Структура и состав концептуального научно-методического аппарата решения военно-экономических задач



Предложения по второму выводу связаны с определением элементов (методик), подлежащих включению в синтезируемый методический аппарат в первую очередь. Формулировку таких предложений целесообразно осуществлять после анализа интеллектуальной деятельности должностного лица (или органа управления), для поддержки принятия решений которых разрабатывается методический аппарат.

Предложения по третьему выводу связаны с определением состава методического аппарата и основываются на предложенной в п.1 классификационной схеме задач и законе необходимого разнообразия У. Эшби, из которого следует, что для того, чтобы система была способна справиться с решением задачи, обладающей известным разнообразием, необходимо, чтобы система обладала еще большим разнообразием, чем разнообразие решаемой задачи, или была способна создать в себе это разнообразие.

Безусловно, методический аппарат, для которого выполняются сформулированные выше положения, является гипотетической идеальной моделью, обладающей предельной универсальностью. Построение такого аппарата вряд ли является возможным, да и практически нецелесообразно. Вместе с тем, такая модель помогает сформировать контуры реального методического аппарата, предлагаемая структура и состав которого представлены на рисунке 4.

Предложенная структура и состав методического аппарата, безусловно, не являются окончательными и требуют своего дальнейшего развития.

Последний уровень методического аппарата может быть еще больше детализирован до конкретного метода (алгоритма), приводящего к решению задачи.

Необходимо отметить, что эффективное применение методов, входящих в состав методического аппарата, возможно лишь при их программной реализации с удобным, понятным для пользователя интерфейсом. Это становится еще более актуальным, если пользователями являются лица, не обладающие специальной математической подготовкой (что чаще всего и встречается на практике). Поэтому важным и практически значимым является выбор (разработка) про-

граммных средств, позволяющих реализовать методический аппарат на программном уровне.

Автоматизированные системы поддержки принятия решений в области военно-экономического анализа и экспертиз

В последние годы автоматизированные системы поддержки принятия решений (СППР) находят все более широкое применение в самых различных сферах деятельности человека, включая медицину, образование, производственные процессы, транспорт, геологию, финансовую, военную деятельность и многие другие. Обработка большого объема информации и необходимость применения сложных математических моделей и методов в процессе обоснования военно-экономических решений послужили основными предпосылками для использования СППР в области военно-экономического анализа и экспертиз.

Термин «система поддержки принятия решений» появился в начале семидесятых годов, однако до сих пор нет общепринятого определения данного понятия. Неоднозначная трактовка термина «СППР» обусловлена, по всей видимости, тем обстоятельством, что разные исследователи акцентируют свое внимание на различных сторонах этих сложных систем. Так, одними специалистами СППР определяется как «комплексная информационная система, используемая для поддержки различных видов деятельности при принятии решений в ситуациях, когда невозможно или нежелательно иметь автоматическую систему, которая полностью выполняет весь процесс решения». В этом определении подчеркивается, что СППР является человеко-машинной системой и не может полностью заменить человека [1].

Другие эксперты СППР определяют следующим образом: «Системы поддержки принятия решений являются человеко-машинными объектами, которые позволяют лицам, принимающим решения, использовать данные, знания, объективные и субъективные модели для анализа и решения слабоструктурированных и неструктурированных проблем». В этом определении подчеркивается предназначение СППР для решения слабоструктурированных и неструктурированных задач [2].



Предложенная классификация задач по степени структуризации существенно повлияла на понимание функционального предназначения СППР и нашла свое отражение во многих последующих определениях данной системы. В соответствии с данным определением, к хорошо структурированным относятся задачи, в которых все существенные зависимости могут быть выражены количественно. К неструктурированным относятся задачи, имеющие лишь качественное описание, основанное на суждениях человека, количественные зависимости между важнейшими характеристиками неизвестны. Промежуточное положение занимают слабоструктурированные задачи, сочетающие в себе количественные и качественные зависимости, причем качественные имеют тенденцию доминировать. По мнению некоторых исследователей, область применения СППР лежит между крайними полюсами (структурированность – неструктурированность), т.е. в области слабоструктурированных задач [2].

Появление новых технических и программных средств, позволяющих «индустриализировать» технологию создания новых программно-технических систем, привело к возникновению ещё одной точки зрения на СППР, которая получила название «адаптивное планирование». Сторонники этого подхода считают, что термин «СППР» имеет право на существование только в тех случаях, когда «конечная» система возникает в ходе адаптивного проектирования и внедрения. Основной метод построения СППР в рамках данного подхода – прототипирование. Разработчик создает вариант, обладающий только основными чертами желаемой СППР, доведение до «конечной» систе-

мы осуществляется при непосредственном участии заказчика [3].

Некоторые исследователи в качестве характерной черты СППР выделяют интерактивность взаимодействия с пользователем [4].

На наш взгляд, одним из наиболее удачных и конструктивных определений СППР является определение, предложенное отечественными учеными Ларичевым О.И. и Петровским А.Б. [5]:

«СППР – это человеко-машинная система, которая помогает пользователю, используя данные, математические модели (методы) и знания, проанализировать возможные варианты решения слабоструктурированных и неструктурированных проблем и найти наилучшее или допустимое решение».

Данное определение отражает основную сущность и составные элементы современных СППР в области военно-экономического анализа и экспертиз.

Во-первых, следует отметить, что в этих системах доминирующую роль играет лицо, принимающее решение. СППР только поддерживает процесс принятия военно-экономических решений, решающее слово остается за ЛПР. Рекомендации (результаты), выдаваемые СППР, в общем случае могут быть вообще не приняты ЛПР во внимание или быть уточнены в большей или меньшей степени на основании каких-то других знаний и суждений, не учтенных в СППР.

Во-вторых, в зависимости от класса решаемых военно-экономических задач, СППР может быть реализована на основе одного из трех (или их комбинаций) функциональных модулей, представленных на рисунке 5.



Рисунок 5 – Структура системы поддержки принятия решений

Как правило, во многих СППР можно выделить все три представленных на данном рисунке функциональных модуля. Доминирующее положение того или иного модуля определяет подкласс СППР и связано с тремя формами процесса поддержки принятия решений.

Собственно технология поддержки принятия решений сложилась ещё задолго до появления подобных автоматизированных систем и включает в себя три основные формы: информационную, вычислительную и интеллектуальную поддержку. С развитием средств вычислительной техники такие системы стали перерастать в автоматизированные СППР, в которых доминирующее положение той или иной формы процесса поддержки принятия решений позволяет выделить следующие подклассы СППР:

информационно-справочные системы с модулями генерации аналитических отчетов (Warehouse + OLAP-технология);

информационно-расчетные системы с модулями прикладных математических моделей и методов;

системы искусственного интеллекта (экспертные системы, нейронные сети).

Замечание. Обязательным признаком принадлежности автоматизированной информационной системы к классу СППР является её использование в контуре принятия управленческих решений. Наличие в системе, например, математических моделей не относит её автоматически к классу СППР, это может быть и автоматизированная система научных исследований (АСНИ), и система автоматизированного проектирования (САПР), и другие системы.

По всей видимости, из-за того, что в СППР может доминировать та или иная форма процесса поддержки принятия решений, и, следовательно, СППР может относиться к тому или иному выделенному подклассу, в последнее время наблюдается некоторое разночтение в понимании термина «система поддержки принятия решений». В прежней трактовке под СППР понимался инструментарий выработки рекомендаций для лица, принимающего решение (англий-

ский эквивалент – Decision-Making Support System (DMSS). В настоящее время под СППР многие специалисты понимают только инструментарий подготовки данных для ЛПР (английский эквивалент – Decision Support System (DSS). Несмотря на то, что на русский язык оба термина переводятся одинаково – «СППР», речь идет по сути о различных сторонах систем одинаковой направленности [6].

Проводя сопоставление двух трактовок СППР, можно сказать, что в новой трактовке (DSS) понятие «СППР» значительно «уже» прежней трактовки (DMSS) и охватывает только первый подкласс данных систем – информационно-справочные системы с модулями генерации аналитических отчетов. В прежней трактовке понятие «СППР» охватывало и два других подкласса рассматриваемых систем – информационно-расчетные системы с модулями прикладных математических моделей и методов и системы искусственного интеллекта.

По нашему мнению, современное сужение понятия «СППР» не является обоснованным, так как не охватывает всех возможных форм процесса поддержки принятия решений. Исходя из данного положения, в настоящей работе русский термин «СППР» эквивалентен английскому термину «DMSS», т.е. СППР рассматривается как инструментарий выработки рекомендаций для лица, принимающего решение. Такое понимание СППР адекватно определению Ларичева и Петровского, принятому в настоящей работе в качестве базового определения, и которое в наибольшей степени соответствует сложившейся практике применения СППР в сфере военно-экономического анализа.

Одна из наиболее мощных СППР в МО РФ создана в ситуационно-аналитическом центре в рамках проекта «Интегра» (интегрированная инструментальная система для проведения комплексного военно-экономического анализа и экспертизы мероприятий строительства и развития ВС РФ, рисунок б).





Рисунок 6 – Система поддержки принятия решений «Интегра»

Техническое оснащение системы «Интегра» включает 2 сервера (сервер баз данных и сервер приложений – архитектура двухзвенный клиент-сервер), 6 рабочих станций моделирования и анализа, 7 рабочих станций подготовки исходных данных, периферийное оборудование (принтеры, сканеры и т. п.).

При разработке системы использовались современные программно-методические средства структурного анализа и проектирования (CASE-средства).

Система «Интегра» спроектирована на основе модифицированной ERP-концепции и включает в себя подсистему автоматизации деловых операций и документооборота LS Flow, подсистему управления электронными документами «Гарант», СУБД Oracle и ключевую подсистему – подсистему поддержки принятия военно-экономических решений, состоящую из нескольких функциональных модулей, основные из которых представлены на рисунке 6.

Таким образом, современные автоматизированные СППР в области военно-экономического анализа и экспертиз представляют собой сложные программно-технические комплексы, характерными чертами которых являются:

- проектирование на основе ERP-концепции, являющейся последним достижением в области разработки и использования корпоративных информационных систем;
- реализация передовых распределенных архитектур современных информационных систем (двухзвенный, трехзвенный клиент-сервер, интранет и др.);
- использование распределенных баз данных (знаний) и других информационных ресурсов с применением компьютерных сетей и средств телекоммуникаций;
- возможность формирования нескольких альтернативных вариантов решения проблемы с учетом имеющихся ограничений;
- использование в процедурах принятия военно-экономических решений сложных экономико-математических моделей и методов, в том числе моделей и методов искусственного интеллекта.

Современное состояние и перспективы развития математического и программного обеспечения СППР в области военно-экономического анализа и экспертиз

В автоматизированных системах поддержки принятия решений, как частной раз-

новидности автоматизированных информационных систем, можно выделить следующие виды обеспечения:

- техническое обеспечение;
- программное обеспечение;
- математическое обеспечение;
- информационное обеспечение;
- лингвистическое обеспечение;
- эргономическое обеспечение;
- методическое обеспечение;
- организационное обеспечение;
- правовое обеспечение.

Безусловно, каждый вид обеспечения играет важную роль и является неотъемлемой частью любой СППР. Вместе с тем, выделив отличительные особенности СППР, можно сделать вывод, что облик систем данного класса, их уникальность и функциональное предназначение главным образом определяют математическое и программное виды обеспечения.

Под математическим обеспечением понимают совокупность математических методов, моделей и алгоритмов, примененных в автоматизированной системе. В автоматизированных СППР в области военно-экономического анализа и экспертиз математическое обеспечение представляет собой комплекс экономико-математических моделей и методов, используемых в процессе обоснования военно-экономических решений. Математическое обеспечение является основой для разработки или выбора соответствующего прикладного (специального) программного обеспечения [7].

Под прикладным (специальным) программным обеспечением понимают часть программного обеспечения, представляющую собой совокупность программ, разработанных при создании данной автоматизированной системы. В прикладном программном обеспечении математическое обеспечение реализуется на качественно ином уровне, позволяющем пользователям сместить акцент из области математических знаний в прикладную область и использовать быстродействующие средства вычислительной техники для работы с трудоемкими математическими методами [6].

Рассматривая математическое и программное обеспечение СППР в области военно-экономического анализа и экспертиз,

можно заметить, что состав как первого, так и второго вида обеспечения может меняться в зависимости от характера решаемых аналитическими подразделениями задач, при этом изменчивость математического обеспечения меньше, чем у программного. Последний факт обусловлен тем обстоятельством, что программные продукты традиционно обладают значительно большим разнообразием по отношению к реализованным в них математическим методам (моделям).

Возможный состав математического и программного обеспечения СППР в исследуемой предметной области рассмотрим на примере СППР «Интегра». Данная система является наиболее современной и масштабной в своем классе, в ней реализовано несколько десятков экономико-математических моделей и методов, применяемых аналитиками в практике военно-экономического анализа. При создании системы использовались как готовые программные продукты, адаптированные под решение конкретных военно-экономических задач, так и были разработаны новые программы, реализующие методы военно-экономического анализа, для которых готовых программных решений подобрать не удалось.

Как было отмечено выше, математическое обеспечение СППР в области военно-экономического анализа и экспертиз представляет собой систему экономико-математических моделей и методов (СЭМММ), используемых в процессе обоснования военно-экономических решений. Как и всякая система, СЭМММ характеризуется морфологической и функциональной структурами.

Морфологическая структура СЭМММ описывает состав элементов, входящих в СЭМММ, и, при необходимости, передает отношение многоуровневости СЭМММ. Морфологическая структура СЭМММ включает в себя следующие пять групп методов [8]:

1 Методы анализа и представления данных.

2 Методы военно-экономической экспертизы.

3 Методы прогнозирования экономических процессов.



4 Методы моделирования военно-экономических систем.

5 Методы оптимизации и выбора вариантов.

В группу методов анализа и представления данных вошли методы статистического анализа данных, метод цветокодовых описаний и методы анализа чувствительности.

Методы статистического анализа данных, главным образом, применяются в тех задачах военно-экономического анализа, в которых существуют репрезентативные выборки статистических данных. Основным программным продуктом, используемым для решения таких задач в СППР «Интегра», является пакет STADIA [9, 10].

Пакет STADIA является универсальным статистическим пакетом отечественной разработки (НПО «Информатика и компьютеры», г. Москва), по своим функциональным возможностям не уступающий таким известным зарубежным статистическим пакетам, как STATGRAPHICS, SPSS, STATISTICA. Он охватывает все базовые разделы современной прикладной статистики (методы описательной статистики, методы проверки статистических гипотез, корреляционный анализ, регрессионный анализ, спектральный анализ, дисперсионный анализ, кластерный анализ и др.), результаты статистических вычислений сопровождаются более чем 60 видами графиков и диаграмм, возможна работа с неполными и пропущенными данными, имеются все необходимые средства преобразования данных. Методы статистического анализа данных, реализованные в пакете STADIA, применяются в основном при решении задач по оцениванию затрат на мероприятия строительства и развития ВС РФ.

Метод цветокодовых описаний наиболее успешно прошёл апробацию при решении тех задач военно-экономического анализа, для которых трудно сформировать репрезентативную выборку данных и, таким образом, не удастся использовать традиционные методы статистического анализа. Данный метод реализует информационную форму поддержки процесса принятия решений и направлен на активизацию подсознательных механизмов визуального анализа данных экспертом-аналитиком, что может значи-

тельно расширить для него пространство поиска рациональных решений. Визуальный анализ на основе цветокодового описания усиливает традиционный «числовой» анализ за счет возможности передачи цветом нечетких состояний исследуемых объектов (процессов) и плавного изменения их состояний [11].

Формирование и ведение архива цветокодовых описаний по различным признакам (задачам, годам, видам ВС и т.п.), привязка этих описаний к специфике сложившейся на тот момент времени ситуации (экономическая, политическая и т.п.) позволяют эксперту-аналитику учитывать предысторию, выявлять тенденции и закономерности исследуемых процессов.

Метод цветокодовых описаний апробирован также и в процедурах анализа процессов распределения финансовых средств по статьям расходов бюджета МО РФ.

Методы анализа чувствительности, по нашему мнению, нельзя в полной мере отнести к группе методов анализа и представления данных. Эти методы занимают пограничное положение и в настоящее время апробируются, главным образом, вместе с методами оптимизации и выбора вариантов [12].

При принятии военно-экономических решений с использованием оптимизационных моделей важным является не только получение оптимального решения, но и анализ полученного решения на чувствительность. В рамках такого анализа выявляется чувствительность оптимального решения к определенным изменениям исходных параметров модели. При анализе на чувствительность рассматривается не одна, а некоторая совокупность оптимизационных моделей, т.е., по существу, некоторая модель исследования операций. Это придает модели определенную динамичность, позволяющую эксперту-аналитику проанализировать влияние возможных изменений исходных условий на полученное раннее оптимальное решение. Динамические характеристики модели более адекватно отображают соответствующие характеристики, свойственные реальным процессам строительства и развития Вооружённых Сил Российской Федерации.

Кроме рассмотренных выше методов и программных средств анализа и представления данных, в СППР «Интегра» также проходят апробацию *системы представления информации руководителю и системы оперативного анализа данных*.

Необходимость выделения в СППР подсистемы представления информации руководителю обусловлена рядом следующих обстоятельств. Во-первых, данные, поступающие от нижних звеньев управления, должны быть агрегированы в необходимые и привычные для ЛПР показатели и представлены в максимально удобной для него форме восприятия. Во-вторых, методы обработки различной по своей сути информации существенно отличаются друг от друга и следствием этого является большое разнообразие программных средств, их реализующих. В-третьих, разнообразие программных средств порождает различные форматы выходных данных. Всё это ведет к тому, что лицу, принимающему решение, не только необходимо иметь весь набор соответствующих программных средств, но и быть очень квалифицированным пользователем каждого из них, что подразумевает знание всех основных положений экономико-математических методов, в них реализованных. Такие высокие требования к экономико-математической и информационной подготовке ЛПР вряд ли являются оправданными и целесообразными, поэтому в контуре СППР, как правило, выделяется специальная подсистема, получившая название системы представления информации руководителю (СПИР).

Основу СПИР составляет некоторая совокупность информационных массивов, подготовленных экспертами-аналитиками с использованием различных программных средств, и графическая оболочка, с помощью которой ЛПР получает необходимые аналитические данные из этих информационных массивов. Теоретические принципы логической интеграции физически распределенных информационных массивов рассмотрена в работе [13].

Для разработки СПИР в СППР «Интегра» использовался пакет HyperMethod, предназначенный для быстрого создания информационных систем на основе логического ин-

тегрирования разнородной информации в единую структурированную базу данных и организации коммуникационных взаимодействий между приложениями на основе технологий OLE и DDE. Пакет позволяет работать практически с любыми форматами файлов и не требует специальных навыков программирования за исключением тех ситуаций, когда требуется расширить возможности пакета за счет использования встроенного языка скриптов. Благодаря реализованным в HyperMethod средствам автоматизации разработки, экономия ресурсов достигает 30 – 80% в зависимости от типа создаваемой СПИР [14].

Другой широко используемой в современных СППР технологией является технология OLAP – Online Analytical Processing, т. е. оперативный анализ данных («анализирование на лету»). OLAP-технология позволяет экспертам-аналитикам, используя многомерные базы данных (OLAP-кубы), в реальном масштабе времени генерировать описательные и сравнительные сводки на основе оперативно выбираемых сечений и способов агрегирования. Результаты анализа представляются в традиционных графических и табличных формах.

В СППР «Интегра» OLAP-технология реализована на основе многомерной серверной СУБД Microsoft OLAP Services, в которую встроен специализированный механизм «финансового искусственного интеллекта» (Financial Artificial Intelligence), специально разработанный для обработки финансовых данных и используемый для решения задач бюджетирования, прогнозирования, формирования отчетности и финансовой консолидации военно-экономической информации.

Дальнейшим развитием систем поддержки принятия решений, основанных на интеграции технологий хранилища данных и OLAP, является использование технологии интеллектуального анализа данных Data Mining.

Технология Data Mining («добыча, извлечение данных») – термин, используемый для описания процесса обнаружения в данных ранее неизвестных скрытых закономерностей (знаний), практически полезных для поддержки принятия решений.



Информация, добытая в процессе применения технологии Data Mining, должна быть ранее неизвестной и нетривиальной, например, темпы изменений объемов гражданской и военной продукции на предприятиях ОПК не являются таковыми. Знания должны описывать неочевидные связи между свойствами, предсказывать значения одних признаков на основе других. Например, технология OLAP позволяет ответить на вопрос «Каковы средние квартальные объемы продаж продукции двойного назначения по предприятиям ОПК за последние два года?», а технология Data Mining должна помочь ответить на вопрос «Какие факторы и в какой степени способствовали расширению (снижению) объема продаж продукции двойного назначения по предприятиям ОПК?» Ответ на последний вопрос требует значительно большего «интеллекта», поэтому технологию Data Mining часто называют технологией интеллектуального анализа данных (ИАД).

Технология Data Mining ориентирована на решение следующих пяти типовых задач:

1 *Установление ассоциаций* – выявление закономерностей между связанными событиями. Примером такой закономерности служит правило, указывающее, что из события X следует событие Y. Такие правила называются ассоциативными.

2 *Установление последовательностей* – установление закономерностей между связанными во времени событиями.

3 *Классификация* – отнесение объектов (наблюдений, событий) к одному из заранее известных классов. Это делается посредством анализа уже классифицированных объектов и формулирования некоторого набора правил.

4 *Кластеризация* – это группировка объектов (наблюдений, событий) на основе данных (свойств), описывающих сущность объектов.

Кластеризация отличается от классификации тем, что сами группы (кластеры) заранее не заданы. Объекты внутри кластера должны быть «похожими» друг на друга и отличаться от объектов, вошедших в другие кластеры. Чем больше похожи объекты внутри кластера и чем больше отличий между кластерами, тем точнее кластеризация.

Часто применительно к экономическим задачам вместо кластеризации употребляют термин «сегментация».

5 *Построение регрессии* – установление формы зависимости выходных переменных (результативных признаков) от входных переменных (факторных признаков). К этому типу задач также относятся и задачи *прогнозирования на основе временных рядов*.

Для решения вышеперечисленных задач в технологии Data Mining используются самые разнообразные методы и алгоритмы. Это разнообразие объясняется тем, что технология Data Mining возникла и развивается на базе достижений прикладной статистики, распознавания образов, методов искусственного интеллекта, теории баз данных и других научных прикладных направлений. Отсюда обилие методов и алгоритмов, реализованных в различных действующих системах Data Mining. Многие из таких систем интегрируют в себе сразу несколько подходов. Тем не менее, как правило, в каждой системе имеется какая-то ключевая компонента, на которую делается главная ставка. Наиболее известными и распространенными методами, которые чаще всего реализуются в технологии Data Mining, являются следующие:

- деревья решений (деревья решающих правил, деревья классификации);
- кластерный анализ;
- линейная регрессия;
- ассоциативные правила;
- искусственные нейронные сети.

Как можно заметить, перечисленные, да и другие методы технологии Data Mining принадлежат таким областям, как экономико-математическое моделирование и искусственный интеллект. Тем самым технология Data Mining не только существенным образом повышает «интеллектуальный статус» информационно-справочных систем с модулями генерации аналитических отчетов, но и реализует концепцию комбинированных (гибридных) систем поддержки принятия решений, основывающуюся на идее интеграции трех функциональных модулей, представленных на рисунке 5.

В группу методов военно-экономической экспертизы вошли методы анализа и планирования инвестиционных проектов, методы



планирования маркетинговой деятельности, методы программно-целевого управления, модели (методы) сбалансированного развития военной экономики.

Методы анализа и планирования инвестиционных проектов реализованы в программной системе Project Expert, позволяющей создавать динамические имитационные финансовые модели предприятий путем описания денежных потоков (поступлений и выплат) как событий, происходящих в различные будущие периоды времени. Разработка нескольких альтернативных решений осуществляется в Project Expert на основе сценарного подхода, позволяющего «проиграть» варианты стратегий, изменяя наборы предположений о значениях внутренних факторов и факторов окружения, фиксируя и сравнивая результаты различных сценариев.

Для оценки качественных параметров проектов в дополнение к Project Expert используется программа Project Questionnaire & Risk, обеспечивающая полную организационно-технологическую поддержку инвестиционного процесса и полный охват всех его ключевых стадий: предварительный анализ предложений, первоначальный отсев, экспертизу проекта, включая финансовый анализ, анализ риска, заключительный анализ и принятие решения о финансировании проекта.

Методы планирования маркетинговой деятельности реализованы в программной системе Marketing Expert, позволяющей решать две основные задачи:

- оценка реального положения предприятия на рынке, сравнение с конкурентами, выявление сильных и слабых сторон сбытовой структуры, ценовой политики;
- выработка рекомендаций по формированию стратегии и тактики действий предприятия на рынке.

Маркетинговое планирование с помощью Marketing Expert основано на применении методов GAP-анализа, SWOT-анализа, многокритериального Portfolio-анализа, анализа риска и неопределенности, подбора необходимых входных параметров по заданной марже.

Аналитические системы Project Expert и Marketing Expert прошли успешную апроба-

цию при оценке ряда комплексных целевых программ двойного назначения, в частности, при оценке проекта по производству качественных монокристаллов фторидов для ультрафиолетовой области спектра (проект «Монокристалл»).

Методы программно-целевого управления направлены на решение задач по оперативно-календарному планированию мероприятий строительства Вооруженных Сил. Основным инструментальным методом данной группы является метод сетевого планирования и управления, который в СППР "Интегра" представлен в виде отечественной системы управления проектами Spider Project.

Основными задачами, решаемыми в СППР «Интегра» с помощью Spider Project, являются:

- разработка расписания исполнения проектов (программ) военного строительства с учетом ограничений на ресурсы;
- определение критического пути и резервов времени исполнения проекта (программы);
- определение потребности проекта (программы) в финансировании, материалах и оборудовании;
- анализ рисков и планирование расписания с учетом рисков;
- учет исполнения проекта (программы);
- анализ отклонений хода работ от запланированного и прогнозирование основных параметров проекта.

Из наиболее известных проектов, при управлении которыми применялся Spider Project, являются строительство Олимпийской деревни для Всемирных Юношеских Игр в Москве (бюджет 250 млн. долларов), строительство Каспийского трубопровода, реконструкция Рязанского НПЗ. В СППР «Интегра» Spider Project используется при разработке комплексных целевых программ военного строительства, в частности, система успешно прошла апробацию при разработке программы строительства и развития РВСН.

Модели (методы) сбалансированного развития военной экономики разработаны для проведения вариантных расчетов влияния Государственного оборонного заказа на экономику валового внутреннего продукта России. Данные модели являются модифи-



цированными моделями межотраслевого баланса, в которых все ресурсы, выделяемые по ГОЗ, рассматриваются как прямые инвестиции в национальную экономику. При эффективном управлении потоками этих инвестиций возможно непосредственно воздействовать на такие макроэкономические показатели национальной экономики, как основные производственные фонды, занятость, капитальные вложения, конечное потребление. Позитивное влияние ГОЗ проявляется также в ориентации на развитие современных технологий и перерабатывающих отраслей промышленности, что может быть особенно актуально для России с её большими запасами природных ресурсов и технологическим отставанием при значительном и зачастую невостребованном научном потенциале.

Модели (методы) сбалансированного развития военной экономики в СППР «Интегра» реализованы на программном уровне в пакете «Репер».

В группу методов прогнозирования экономических процессов СППР «Интегра» вошли как простые методы прогнозирования, основанные на построении линии тренда, так и более сложные методы: метод многоканальной авторегрессии и метод авторегрессии интегрированного скользящего среднего.

Метод многоканальной авторегрессии, реализованный на программном уровне в системе МКП, сочетает в себе линейные и нелинейные методы прогноза. На первом этапе прогноза применяется усовершенствованная линейная модель многоканальной авторегрессии, на втором этапе производится обработка остатков нелинейными методами. Особенность сочетания методов состоит в том, что в результате применения линейной модели осуществляется одновременно аппроксимация на участке обучения и прогноз. Остатки находятся как разность между действительными статистическими данными и результатами аппроксимации. В итоге ряды остатков не содержат сезонных и других низкочастотных составляющих. Это эквивалентно увеличению «повторяемости» процесса и улучшению его стационарных свойств, что позволяет использовать нелинейный прогноз рядов остатков.

Другой программой, используемой в СППР «Интегра» для решения задач прогнозирования, является программа Forecast Expert.

В Forecast Expert реализована широко признанная в мировой практике прогнозирования сезонная модель авторегрессии интегрированного скользящего среднего (модель Бокса – Дженкинса). Программа позволяет строить прогноз одного ряда в зависимости от поведения другого ряда, что может быть полезным при прогнозе стоимости изделия, в ценообразовании которого один фактор играет определяющую роль (например, стоимость стального проката в зависимости от цены на электроэнергию). Кроме того, программа позволяет отслеживать соотношение между прогнозом одного ряда и ранее рассчитанным прогнозом другого ряда. Это, в частности, может быть полезным в ситуации, когда, например, необходимо сравнить прогноз цены на внутреннем рынке с прогнозом цены на внешнем рынке и определить дату их совпадения.

Программы МКП и Forecast Expert используются в СППР «Интегра», главным образом, для прогнозирования макроэкономических показателей.

В группу методов моделирования военно-экономических систем вошли методы построения алгебраических и дифференциальных моделей и методы моделирования на основе алгоритмических сетей.

Методы построения алгебраических и дифференциальных моделей реализованы в программе MVS (Model Vision Studium), представляющей собой интегрированную графическую оболочку для быстрого создания интерактивных визуальных моделей сложных динамических систем и проведения вычислительных экспериментов с ними. Программа разработана исследовательской группой «Экспериментальные объектные технологии», созданной при Санкт-Петербургском государственном техническом университете [15].

MVS позволяет построить алгебраическую, дифференциальную или гибридную модель на специальном графическом языке, а затем автоматически сгенерировать программу для воспроизведения её поведения, для чего используется развитая библиотека



численных методов. Для этого в MVS реализована оригинальная технология визуального объектно-ориентированного моделирования, основанная на использовании нового типа объекта – активного динамического объекта и специальной формы наглядного представления гибридного поведения – карты поведения.

Программа MVS прошла апробацию в МО РФ для моделирования кадрового обеспечения ВС РФ и для моделирования обеспечения военнослужащих жильем.

Методы моделирования на основе алгоритмических сетей реализованы в программе КОГНИТРОН, представляющей собой инструментальную систему моделирования на основе экспертных знаний и средств когнитивной графики. Система предназначена для устранения проблем, возникающих перед экспертом-аналитиком при попытке использования компьютерного моделирования для решения тех или иных задач военно-экономического анализа. Среди основных проблем, возникающих перед экспертом-аналитиком в процессе компьютерного моделирования, можно назвать:

- построение математической модели задачи;
- выбор (разработка) метода, реализующего решение задачи;
- построение программы, реализующей выбранный (разработанный) метод, а также проблема создания интерфейса, обеспечивающего ввод-вывод данных, представление результатов расчетов, коррекцию данных, их хранение и т. п. [16]

Как правило, перечисленные проблемы решаются за счет привлечения в процесс моделирования математиков и программистов. Система КОГНИТРОН призвана обеспечить эксперту-аналитику возможность моделирования без посредника.

Отмеченные проблемы решаются в системе КОГНИТРОН на основе методологии моделирования, разработанной в Санкт-Петербургском институте информатики и автоматизации Российской академии наук (СПИИА РАН). К важнейшим составляющим методологии можно отнести:

- алгоритмический подход совместно с концепцией визуализации знания как основу

глобального формализма представления знаний, принятого в системе;

- технологию множественного моделирования как средство снижения интеллектуального порога, необходимого для общения пользователя с ПЭВМ.

К сожалению, число аналитиков, которые обучаются самостоятельно строить алгоритмические сети с помощью системы КОГНИТРОН, не превышает 50%. Для аналитиков, которые не могут научиться строить алгоритмические сети, предполагается использование режима сбора моделей из фрагментарных моделей, имеющихся в базе моделей.

Система КОГНИТРОН прошла апробацию в МО РФ при разработке моделей затрат на производство, ремонт и модернизацию вооружения и военной техники.

В группу методов оптимизации и выбора вариантов вошли методы недоопределенной математики (*n*-вычислений), методы векторной стратификации, методы теории нечетких чисел и функций и методы оптимального управления с параметром.

Методы недоопределенной математики (n-вычислений) являются принципиально новым направлением эффективного решения широкого спектра задач от прикладных вычислений до задач искусственного интеллекта. За рубежом данное направление получило название *constraint programming* (*программирование в ограничениях*) и с начала 90-х годов все более интенсивно разрабатывается в качестве одного из наиболее перспективных. Мировым лидером в работах данного направления является Российский научно-исследовательский институт искусственного интеллекта.

Методы недоопределенной математики позволяют снять ограничения, характерные для традиционных методов, и обеспечивают качественный скачок в технологии информационных систем: значительное расширение спектра решаемых задач, повышение качества получаемых решений, и, как следствие, экономию времени и средств пользователя. При этом на многих классах задач эффективность решения повышается в десятки раз по сравнению с лучшими известными алгоритмами.



Программная реализация методов недоопределенной математики осуществлена в отечественных программных системах UniCalc, FinPlan, Time-EX и др. Наиболее крупными отечественными пользователями этих систем являются АвтоВАЗ, Новосибирский завод химконцентратов, авиазавод им. Бериева [17, 18].

В МО РФ программные системы, в которых реализованы методы недоопределенной математики, проходят апробацию для решения широкого круга задач военно-экономического анализа, в том числе и тех из них, для решения которых в настоящее время используются программные системы, в которых реализованы математические методы "традиционной" математики.

Головной программой, определяющей технологические особенности других программ недоопределенной математики, является универсальный решатель UniCalc. UniCalc предлагает новую концепцию проведения вычислений, при которой пользователь исходит из своей задачи, а не старается привести ее к виду, подходящему для применения того или иного метода традиционной вычислительной математики. Кроме того, пользователю не требуется знать никаких вычислительных методов и специальных языков программирования вычислительных пакетов (например, как в MathCad, Mathematica, Maple и др.). Тем самым процесс решения становится не применением некоторого набора стандартных и заранее определенных действий, а исследованием пространства возможных решений и целенаправленным влиянием на это пространство посредством корректировки модели или включением в нее дополнительных условий в форме уравнений, неравенств, логических выражений, а также посредством уточнения интервалов параметров. Пространство решений реагирует на эти изменения, как правило, своим сужением. Если размер пространства остается неприемлемым, можно продолжить добавлять к модели новые ограничения до получения желаемого результата.

Вычислительное ядро UniCalc используется в специализированных пакетах, ориентированных на конкретные области приложений, в частности, оно реализовано в паке-

тах FinPlan, Time-EX, Экономика и др. Пакеты FinPlan и Time-EX входят в состав интегрированной СППР "Интегра". Система FinPlan апробирована в управлении на задаче планирования квартальных финансовых расходов МО РФ, а система Time-EX – на задаче календарного планирования комплексной целевой программы создания военного контура единой системы информации о Мировом океане.

Методы векторной стратификации основаны на процедурах построения структурированного многокритериального пространства и разбиения его на заданное число упорядоченных страт (слоев). Для этого задается на множестве оцениваемых объектов отношение стратификации. Это отношение для элементов одной страты (слоя) является толерантностью, а для элементов из разных слоев – отношением строгого порядка. Это означает, что внутри страты (слоя) объекты, хотя и могут отличаться по некоторым показателям, будут, тем не менее, почти равноценными. Объекты, принадлежащие к разным стратам (слоям), будут упорядочены по степени их соответствия заданной цели (важности, ценности) [19].

Методы векторной стратификации дают возможность проводить комплексную оценку и выбор лучших из рассматриваемых объектов на основе как количественной, так и качественной исходной информации. При этом исходная информация может быть получена из статистики, в результате моделирования, а также от привлекаемых экспертов. Система критериев комплексного оценивания формулируется в процессе конкретизации заданной цели. Применяемое решающее правило комплексной оценки использует матрицы логической свертки значений частных показателей (оценок).

Методы векторной стратификации реализованы на программном уровне в системе STRAT, разработанной в Институте проблем управления РАН. Данная система прошла апробацию в МО РФ на задаче комплексного оценивания бюджетной заявки по основным статьям расходов раздела «Национальная оборона».

Методы теории нечетких чисел и функций могут успешно использоваться для решения оптимизационных задач военно-



экономического анализа в условиях неопределенности, когда один из элементов оптимизационной модели является случайным и при этом неопределенность знания о нем не может быть описана с помощью теории вероятностей или математической статистики. В этом случае оптимизационная задача должна быть перенесена из области задач четкой оптимизации в область задач нечеткой оптимизации [20, 21].

Решение задачи нечеткой оптимизации требует, чтобы были заданы правила действий с нечеткими величинами, а также было сформулировано правило выбора наилучшего решения на основании нечетких экспертных оценок. Такие оценки могут быть представлены как нечеткие множества или числа, выраженные с помощью функций принадлежности. Для упорядочения нечетких чисел существует множество методов, которые отличаются друг от друга способом свертки и построения нечетких отношений. Последние можно определить как отношения предпочтительности между объектами.

Методы принятия решений на основе теории нечетких множеств реализованы на программном уровне в системе PLS, которая прошла апробацию в МО РФ на задаче распределения финансовых средств по проектам создания систем вооружений, применяемых совместно в наступательных и оборонительных операциях.

Проведенный анализ математического и программного обеспечения автоматизированных СППР в области военно-экономического анализа и экспертиз позволяет сделать вывод о их существенном разнообразии и сложности применения, что требует со стороны экспертов-аналитиков не только высокой профессиональной подготовки в области экономики и финансов, но также и в области экономико-математических методов и информационных технологий.

В заключение отметим, что в последнее время на российском рынке появились программные продукты, которые с полным основанием можно отнести к системам искусственного интеллекта (AI – artificial intelligence). Эти программы проблемно ориентированы на решение определенного круга сложных аналитических задач в зави-

симости от реализованного в них математического аппарата: нейронных сетей (neural networks); нечеткой логики (fuzzy logic); генетических алгоритмов (genetic algorithms); фрактальных преобразований (fractal-based transforms) и др. Опыт использования этих программ рядом государственных и коммерческих организаций позволяет говорить об их реальной эффективности в решении слабоструктурированных задач. По нашему мнению, такие программы могут стать мощнейшим аналитическим инструментом и в решении определенных видов задач военно-экономического анализа.

Список использованных источников

- 1 Ginzberg M.J., Stohr E.A. Decision Support Systems: Issues and Perspectives // Processes and Tools for Decision Support. – Amsterdam: North – Holland, 1983.
- 2 Simon H.A. The new science of management decision. Englewood Cliffs. – Prentice: Hall Inc., 1975.
- 3 Keen P. Decision Support Systems: Research Perspective // DSS: Issues and Challenges. – Oxford: Pergamon Press, 1980.
- 4 Wierzbicki A. Types of DSS and Polish Contributions to Their Development // User-Oriented Methodology and Techniques of Decision Analysis and Support. – Berlin: Springer-Verlag, 1993.
- 5 Ларичев О.И., Петровский А.Б. СППР: современное состояние и перспективы развития // Итоги науки и техники. Техническая кибернетика. Т. 21. – М.: ВИНТИ, 1987.
- 6 Горский П. Уточнение понятия "систем поддержки принятия решений" // Материалы сайта "Корпоративный менеджмент". – www.cfin.ru, 2002.
- 7 ГОСТ 34.003 – 90. Автоматизированные системы. Термины и определения.
- 8 Отчет о НИР "Разработка научно-методических основ проведения военно-экономических исследований с использованием математических методов ситуационного анализа, оптимизации и принятия решений" (шифр "Сатисфакция"). – М.: РИА, 2000.
- 9 Макарова Н.В., Трофимец В.Я. Статистика в Excel. – М.: Финансы и статистика, 2002.
- 10 Тюрин Ю.Н., Макаров А.А. Статистический анализ данных на компьютере. – М.: Инфра-М, 1998.
- 11 Омельченко В.В. Интеллектуальный анализ данных. Цветокодовое описание и представление сложноорганизованной информации. – М.: МО РФ, 2000.
- 12 Таха Х. Введение в исследование операций. – М.: Мир, 1985.
- 13 Трофимец В.Я., Чересов Ю.И. Распределенные системы поддержки принятия решений в автоматизированных системах управления: координирующий узел. – М.: ВИНТИ- №233-В99, 1999.
- 14 HyperMetod. Среда разработки гипермедиа приложений. – СПб.: Prog.Systems AI Lab, 1997.
- 15 Model Vision Studium. Справочная система. – СПб.: СПТУ, 2000.



16 Иванищев И.В., Марлей В.Е. и др. Инструментальная система автоматизации моделирования КОГНИТРОН // Информационные технологии и вычислительные системы. – 1998. – № 3.

17 Нариньяни А.С. Модель или алгоритм: новая парадигма информационной технологии // Информационные технологии. – 1997. – № 4.

18 Нариньяни А.С. Неопределенность в системах представления и обработки знаний // Изв. АН СССР. Техн. кибернетика. – 1986. – № 5.

19 Глотов В.А., Павельев В.В. Векторная стратификация. – М.: Наука, 1984.

20 Борисов А.Н., Крумберг О.А., Федоров И. П. Принятие решений на основе нечетких моделей. – Рига: Зинатне, 1990.

21 Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976.

