

Мистров Л.Е. Метод системного прогноза облика информационных систем [Электронный ресурс] // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования: Научный интернет-журнал. 2014. – № 4(20). Режим доступа http://iea.gostinfo.ru/files/2014_04/2014_04_11.pdf

УДК 681. 326. 74. 06

МЕТОД СИСТЕМНОГО ПРОГНОЗА ОБЛИКА ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Мистров Л.Е., профессор кафедры правовой информатики, информационного права и естественно-научных дисциплин Центрального филиала ФГБОУ ВО «Российский государственный университет правосудия», доктор технических наук, доцент, г. Воронеж

Предлагается метод системного прогноза облика информационных, базирующегося на взаимосвязанной совокупности принципов и категорий (аспектов, уровней, стадий и этапов) прогноза

Ключевые слова: информационная система, прогноз, метод, облик, система задач, система функций, совокупность средств, принципы прогноза, категории прогноза, стадия, этап, аспект и уровни прогноза

UDC 681. 326. 74. 06

METHOD OF THE SYSTEM FORECAST OF IMAGE OF INFORMATION SYSTEMS

L.E. Mistrov, professor of department of legal informatics, information right and natural-science disciplines of the VO FGBOU Central branch "Russian state university of justice", Doctor of Engineering, associate professor, Voronezh

The method of the system forecast of shape information, based on the interconnected set of the principles and categories (aspects, levels, stages and stages) of the forecast is offered

Keywords: information system, forecast, method, shape, system of tasks, system of functions, set of means, principles of the forecast, category of the forecast, stage, stages, aspects and levels of the forecast

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В современных условиях важной научно-технической задачей является

разработка различного типа информационных систем (ИС), функционирующих в рамках целевых организационно-технических систем в условиях конфликта с одной или несколькими системами. Формирование их облика (состава, тактико-технические характеристик (ТТХ) и алгоритмов функционирования) базируется на результатах научно-технического анализа состояния разработок в прошлом, на современном этапе и прогнозирования на упреждающий период с учетом достижений науки, техники и технологий.

В общем случае для прогнозирования различного рода объектов используются различные методы прогноза [1], отличающиеся друг от друга отдельными приемами или процедурами прогноза, последовательностью их применения, полнотой охвата прогностических методов и возможностью их дополнения новыми методами. Они применяются для описания общего и частных аспектов развития исследуемых объектов и применимы, в основном, лишь для простых объектов. Поэтому при разработке ИС осуществляется их иерархическая декомпозиция описания до уровня задач допустимой сложности, применительно к которому работает определенный (известный) метод прогнозирования. Каждый уровень детализации отличается своим классификационным признаком: степенью формализации, общим принципом действия, способом получения прогнозной информации и глубиной упреждения прогноза. По мере усложнения выполняемых задач ИС, эффективность отдельных методов прогноза начинает не отвечать целям исследований и возникает практическая необходимость в разработке интегрированного к современным условиям развития нового метода прогноза.

Прогнозирование облика ИС в методе представляется интеграцией отдельных методов, приемов и процедур, учитывающих и определяющих тенденции и закономерности развития объекта прогнозирования в условиях конфликта для множества способов организационного, организационно-технического и технического противодействия на упреждающий период. Метод основывается на совокупности операций по формированию вариантов облика ИС, как специфического объекта прогноза, сравнения и выбора

предпочтительного варианта или построения ряда их предпочтительности с последующей обработкой методами компьютерного проектирования.

Разработка метода осуществляется на основе установления взаимосвязей между элементами и ИС в целом в конфликте, явлениями и концепциями, исходя из условия получения полной информации об объекте прогнозирования для исключения отсутствия или ошибочного суждения. Он представляется упорядоченным способом рассмотрения противодействующей ИС и формирования её облика на заданный период упреждения с позиции разработчика ИС для получения систематизированной информации по всем возможным направлениям её развития и применения в конфликте в условиях множества способов противодействия.

В результате возвратно-поступательного процесса прогноза формируется информация о возможных обликах ИС, оцениваются все их допустимые варианты и выбирается оптимальный на основе:

- формулировки задачи, подлежащей решению;
- анализа всех важных показателей (характеристик) с точки зрения решения данной задачи, определяющих облик ИС;
- исследования полученных решений на основе метрических шкал оценок;
- построения в виде многомерного пространства “морфологического ящика”, потенциально содержащего все варианты возможных решений. Если поставленная задача полностью решена, то каждое отделение “ящика”, несущее информацию о том или другом элементе ИС, содержит только одно решение. Появление двух или более решений свидетельствует, что не все параметры были учтены при формировании облика ИС;
- выбора конкретного решения.

В общем случае прогноз облика ИС начинается с разработки задания на проведение прогноза в виде общего описания. Оно содержит сведения о критериях и обобщенных показателях (характеристиках) эффективности функционирования ИС, приблизительных ограничениях, а также о целях и задачах прогноза, ориентировочный перечень основных исходных данных

(перечень составных частей, этапность разработки прогноза и т. д.). В дальнейшем могут изменяться (дополняться) разделы и пункты задания и уточняться прогнозный конфликтный фон, состав и взаимосвязь элементов – объектов воздействия противодействующей ИС. Уточнение облика ИС осуществляется путем последовательного углубления детализации её структуры от обобщенных характеристик к более частным (дезагрегирование) с последующим объединением частных характеристик в более обобщенные (агрегирование).

2. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

ИС предназначены для решения значимых социально-экономических задач, как правило, с заданной эффективностью при минимальной стоимости затрат на их создание, определяющих содержание критериев эффективности их применения. При невыполнении требований ИС по заданной эффективности применения возможен переход к критерию “максимальное количество выполненных задач” или связанным с ним “вероятностью выполнения поставленных задач с максимальной эффективностью”. Это обуславливает использование в качестве основного критерия разработки любой ИС критерия “максимальное количество выполненных задач” или “средней вероятности выполнения поставленных задач с минимальными затратами”. Этот критерий отражает предназначение любой ИС, особенности их функционирования в условиях конфликтного информационного противодействия и является чувствительным к множеству учитываемых характеристик.

В этих условиях прогноз облика противодействующей ИС в рамках конкурентного взаимодействия их целевых организационно-технических систем можно представить решением задачи синтеза, сформулированной следующим образом.

Пусть определена цель прогноза облика противодействующей ИС на заданный упреждающий период. Предполагается, что в состав ИС могут быть включены полностью или частично существующие организационные

структуры и технические элементы (технические системы, комплексы и средства). При необходимости облик этих структур и элементов может изменяться. Требуется определить облик такой ИС, которая при достижимом уровне совершенства организационных структур и технических элементов на упреждающий период обеспечивает выполнение поставленных задач с заданной эффективностью.

Математически задачу прогноза облика ИС можно представить в виде:

$$V^* = \mathit{Arg} \min_{V \in \{V_\delta\}} C(V), \quad (1)$$

$$\{V_\delta\} = \{V : W(V, U) \geq W_{mp}, \quad R(V, U) \subseteq R\},$$

где $C(V, U)$ – функция затрат на применение прогнозируемой ИС, минимальное значение которой соответствует представлениям заказчика о наилучшем V^* варианте облика ИС при достижимом уровне организационных структур и технического совершенства составляющих её элементов на упреждающий период; $\{V_\delta\}$ – множество допустимых V_δ вариантов облика ИС; $W(V, U)$ – показатель эффективности решения поставленных задач V вариантом ИС при применении в условиях U ; W_{mp} – требуемая эффективность решения задач ИС в U условиях конфликтного взаимодействия целевых организационно-технических систем; $R(V, U)$ – ресурс, потребный для применения V варианта облика ИС в U условиях конфликтного применения; R – заданные ограничения (энергетические, пространственные, временные и др.) ресурса $R(V, U)$, необходимые для применения V варианта ИС в конфликте.

Непосредственно решить задачу синтеза (1) вследствие её структурной сложности и большой размерности практически невозможно. Основным методом её решения, как показывает опыт решения задач синтеза ИС [2, 3], является метод иерархической декомпозиции задачи по аспектам, уровням, стадиям и этапам синтеза ИС. Иерархическая декомпозиция задачи синтеза ИС (1) позволяет не только разукрупнить задачу на основе отношения “целое-часть”, но и реализовать “право вмешательства верхнего уровня” и “зависимость верхнего уровня от нижних уровней” [5].

С использованием отношения “целое-часть” общая задача прогноза облика ИС (1) представляется в виде системы взаимосвязанных частных задач прогноза, совместное решение которых является решением общей задачи. “Право вмешательства верхнего уровня” определяет на верхнем уровне для задач нижних уровней иерархии соответствующие цели, ресурсы, ограничения и условия применения ИС. “Зависимость верхнего уровня от нижних уровней” реализуется передачей на верхний уровень иерархии результатов решений задач нижних уровней и предложений по корректировке целей, ресурсов, ограничений и условий, определенных верхним уровнем для задач нижних уровней.

Реализация метода осуществляется на основе элементов уровня подсистем (комплексов), выделяемых по принципу последовательной локализации системы задач ИС на основе формирования:

- системы функций, обеспечивающих решение поставленных задач;
- элементов уровня средств для выполнения заданных функций при решении той или иной задачи;
- критериев предпочтения для выбора оптимального облика;
- совокупности предпочтительных вариантов облика ИС.

Анализ возможностей оптимизации вариантов облика ИС осуществляется в конце процедуры выбора.

Система задач является исходной основой для прогноза облика ИС, включающей перечень решаемых задач; объекты воздействия при выполнении задач и область использования, определяющую условия её применения.

Задачи обуславливают определяющие характеристики любой ИС, после выделения перечня которых проводится их декомпозиция на составляющие, более мелкие задачи, решение которых обязательно для выполнения основных. Множество задач носит иерархический характер, так как выполнение определяющей задачи может быть достигнуто лишь при условии выполнения совокупности частных задач нижних уровней. Одновременное рассмотрение задач и элементов на уровне средств их исполнения обуславливает выделение

комплекса задач, свойственных отдельным подсистемам ИС.

Определение характеристик противодействующей ИС конкурирующей организационно-технической системы предполагает также наличие в качестве исходных данных множества элементов в структуре ИС – потенциальных объектов воздействия. Они представляются в виде упорядоченной иерархической структуры, для построения которой выделяются определяющие характеристики по уровням декомпозиции, например, пространственное положение элементов, возможность изменения пространственного положения и т.п.

На основе установленных задач и объектов воздействия ИС обосновывается возможное множество способов применения, являющееся функцией характеристик элементов и ИС для заданных условий конфликтного фона.

Установление задач, объектов воздействия и условий применения позволяет свести множество характеристик в единую систему задач, которая отражает определяющую совокупность характеристик ИС.

Система функций является основным задающим элементом процесса прогноза облика противодействующей ИС. Необходимость перехода к системе функций обуславливается следующими обстоятельствами:

облик ИС на основе состава и типа входящих в её состав подсистем (комплексов) и средств, может быть сформирован только ориентированно на функцию, которую каждый элемент должен обеспечивать. Система функций разрабатывается по принципу полного перекрытия множества выполняемых задач ИС и представляется в виде графа, где вершинам поставлены в соответствие функции, а дугам – отношения между ними. Множество дуг графа являются отношениями условий реализации функций верхнего уровня. Граф представляет собой дерево с корнем на подмножестве функций исследуемого уровня. Начиная со второго уровня могут быть перекрестные связи, где функции нижестоящих уровней необходимы для реализации нескольких функций вышестоящего уровня. Декомпозиция системы функций проводится

до уровня, на котором дальнейшее членение приводит к потере функционального свойства средства;

для каждого типа элемента ИС необходимо прогнозировать оперативно-тактические принципы его использования, от которых существенно зависит состав выполняемых функций.

Исходя из заданных множеств задач, объектов воздействия и условий функционирования, система функций отражает множество функций “реальной” противодействующей ИС. Реализация этого множества обеспечивает формирование облика ИС, выполняя предъявляемые требования на осуществление прогноза.

Облик ИС базируется на совокупности характеристик, определяемых типом и составом входящих подсистем (комплексов) и средств. Возможность формирования альтернативных обликов обеспечивается заданием множества подсистем и средств, которые могут реализовать различные функции ИС на основе *совокупности средств*.

Взаимосвязь множеств функций и средств осуществляется по уровням иерархии, при этом совокупность средств строится по принципу взаимосвязей уровней. На втором уровне декомпозиции системы функций анализируется множество средств различных типов, которые могут реализовать выделенные функции; аналогичные процедуры используются на всех нижестоящих уровнях. Совокупность средств, включающую полную совокупность существующих и прогнозируемых типов подсистем и элементов, представляется в виде граф – совокупности типов средств, обеспечивающих выполнение функций на каждом уровне иерархии.

На нижнем уровне декомпозиции, как отображение совокупности элементарно выполняемых функций, формируется множество элементарных средств, каждое из которых представляет некое устройство, обеспечивающее реализацию простейшей функции множества. Элементарные средства не подлежат дальнейшему членению и при этих условиях их внутренняя структура не является предметом исследования (рассматриваются по принципу “черного

ящика”).

На каждом уровне декомпозиции функции соответственно формируется множество типов средств, обеспечивающих потенциальную возможность выполнения анализируемой функции исходя из уровня технического совершенства. Таким образом задается множественное отображение системы функций совокупностью элементов уровня средств ИС.

Прогноз начинается с установления на верхнем уровне иерархии ИС на основе сценарного метода прогноза [6] логической последовательности операций, определяющих как из существующего состояния может шаг за шагом разворачиваться будущее состояние системы. Основное назначение сценарного метода прогноза – установление генеральной цели применения ИС, выявление основных характеристик внешней среды и формирования критериев оценки эффективности функционирования верхних уровней “дерева целей”. Дерево целей представляет ориентированный граф, не содержащий петель; каждая пара его вершин соединяется единственным ребром и выражающий отношения той или иной иерархии между вершинами – этапами достижения поставленной цели.

Связи с внешней средой определяются совокупностью характеристик ИС, её взаимосвязей по управлению (подчиненности), информационному обеспечению и исполнению, перечнем и характеристиками критериев предпочтения.

В теории системного анализа к прогнозу подобных структур возможно использование двух методических подходов. Первый подход – объектный, предполагающий выделение элементов на основе поэлементной структуризации ИС на более мелкие. Каждый из последних может затем рассматриваться в качестве объекта прогноза соответствующего уровня иерархии. При таком структурировании каждый элемент рассматривается как совокупность свойств и взаимосвязей (отношений) соответствующего объекта. Объектный подход прогноза облика ИС используется в случае сложной её структуры при относительно небольшой сложности и разнообразии

составляющих элементов. В этом случае выделяются группы сходных по свойствам объектов и производится прогноз типовых показателей (характеристик) каждой группы, что упрощает решение задачи.

Второй подход к прогнозу структур – функциональный, в котором за основу структурного членения ИС принимается функциональный признак. Данный подход используется, когда число объектов ИС невелико, но они являются сложными по характеристикам и взаимосвязям. В этом случае выделяются группы сходных функций и прослеживается возможность их реализации вне зависимости от принадлежности к тем или иным объектам

В обоих подходах информация о совокупности предпочтительных вариантов облика ИС формируется на основе методов поискового и нормативного прогнозов [1]. При этом поисковый прогноз определяет возможное развитие состояний ИС на упреждающий период – исследование условного продолжения тенденций изменения облика ИС в прошлом и настоящем, абстрагируясь от возможных решений, действия на основе которых способны радикально изменить тенденции. Нормативный же прогноз обеспечивает определение путей и сроков достижения возможных состояний ИС, принимаемых в качестве заранее заданных целей прогноза.

3. ПРИНЦИПЫ ПРОГНОЗА

Применение метода прогноза облика ИС базируется на обоих методических подходах и реализуется на основе принципов прогноза. Они выражают устойчивые и распространенные правила, объективные закономерности общего характера построения реальных систем, определяют направленность прогноза, его структуру, развертывание во времени и результаты. Как элемент дескриптивной методологии каждый принцип отражает определенную тенденцию – общее направление развития ИС. Принципы синтеза ИС выполняют регулятивную роль по отношению к содержанию и структуре разработки ИС и “сужают” область поискового прогноза. К принципам прогноза облика ИС, по аналогии [2, 3], возможно

отнести принципы целостности, иерархии, ситуативности, смены оснований и аналогии структур.

Принцип целостности требует проведения прогноза противодействующей ИС как сложной системы взаимосвязанных и взаимодействующих процессов. Объективным источником целостности прогноза является ИС, а непосредственную основу целостности составляет коллектив специалистов, выполняющих прогнозные исследования, поскольку именно он определяет, что конкретно и в каком объеме включается в процесс прогноза, в каких пределах и форме осуществляются те или иные исследования и представляются их результаты. Принцип целостности требует выделение в прогнозе такого главного процесса, который выполняет системообразующую функцию и определяет направленность и содержание всего процесса прогноза облика ИС. Другие процессы прогноза по отношению к главному процессу рассматриваются как вспомогательные (обеспечивающие).

Принцип иерархии неразрывно связан с принципом целостности и дополняет его. В соответствии с принципом иерархии между процессами прогноза облика ИС помимо отношения “целое-часть” должны устанавливаться отношения подчиненности “главный процесс – обеспечивающий процесс”. При этом в ходе реализации главного процесса прогноза определяются цели, данные по располагаемым ресурсам и условиям применения ИС для исследований в рамках обеспечивающих процессов прогноза. В свою очередь, в рамках обеспечивающих процессов прогноза обосновываются предложения по путям и средствам достижения поставленных целей в заданных ограничениях, которые затем используются в исследованиях главного процесса прогноза.

Принцип ситуативности учитывает в ходе прогноза изменения представлений об облике ИС. Последовательно рассматриваются его разные качественные стороны. Нарастает степень детализации и конкретность облика. Поэтому каждому временному сечению прогноза ИС соответствует вполне определенная “ситуация”, образованная выбором главного процесса и обеспечивающих процессов прогноза.

Прогноз облика ИС включает проведение исследований по вскрытию свойств (состава, структуры и т.д.) и характеристик посредством анализа её внешних и внутренних связей и построению ИС посредством композиции её функций, структуры и составных частей (подсистем и средств). *Принцип смены оснований* указывает на то, что в ходе прогноза происходит поочередное превращение одних факторов (свойств, строения и характеристик ИС), которые играли роль следствий других факторов (внешних и внутренних связей), в исходные формы их проявления, в причины. Такое изменение причинно-следственных отношений обуславливает поступательно-возвратный характер процесса прогноза облика ИС.

Принцип аналогии структур предусматривает определенное совпадение структуры прогноза облика ИС со структурой информационно-логических связей специалистов прогноза и “похожесть” со структурой ранее спрогнозированных ИС. На начальных стадиях обоснования облика ИС структура прогноза в большей мере определяется структурой специалистов прогноза, установленной по образцу структур ранее спрогнозированных систем. На конечных стадиях структура прогноза ИС в основных чертах повторяет структуру ИС.

Принципы прогноза развития ИС дают общие, первичные представления о свойствах и строении системы прогноза облика ИС. Для реализации содержательного прогноза облика ИС как сложной системы помимо принципов прогноза аналогично [2, 3] целесообразно введение понятия базовых структурных элементов, раскрывающихся в категориях прогноза облика ИС и осуществляющих дальнейший поиск в “высеченной” принципами области решений оптимального в смысле (1) облика ИС.

4. КАТЕГОРИИ ПРОГНОЗА

Категории прогноза облика ИС, исходя из цели прогноза, могут быть представлены двумя группами. Первая из них характеризует развертывание процесса прогноза ИС во времени и отражает узловые моменты в деятельности специалистов прогноза в ходе исследований, а вторая группа – содержание и

структуру прогноза ИС, связанные с её качественными сторонами. К первой группе категорий относятся стадии и этапы прогноза, а вторую группу составляют аспекты и уровни прогноза ИС.

Стадия прогноза ИС – условно выделяемая во времени часть процесса прогноза ИС, в пределах которой достигается необходимый объем представлений о свойствах, характеристиках и алгоритмах функционирования ИС, достаточный для принятия решения об окончании прогноза её организационной структуры и технического облика или о путях его дальнейшего продолжения. Процесс прогноза облика ИС включает стадии (см. рис. 1):

разработки концепции (замысла) прогноза облика системы;

прогноза ИС при реализуемых в заданных ограничениях (“реальном”) достижимом облике основной подсистемы (подсистемы, реализующей главную функцию ИС) и “идеальных” (в принципе возможных) обликах подсистем, осуществляющих неосновные (обеспечивающие по отношению к главной) функции; прогноза ИС при реализуемом в заданных ограничениях облике подсистемы, осуществляющей следующую по важности после главной функцию системы и “идеальных” обликах подсистем, осуществляющих другие обеспечивающие функции. И так далее в порядке убывания важности функций подсистем;

прогноза ИС при реализуемом в заданных ограничениях облике системы в целом.

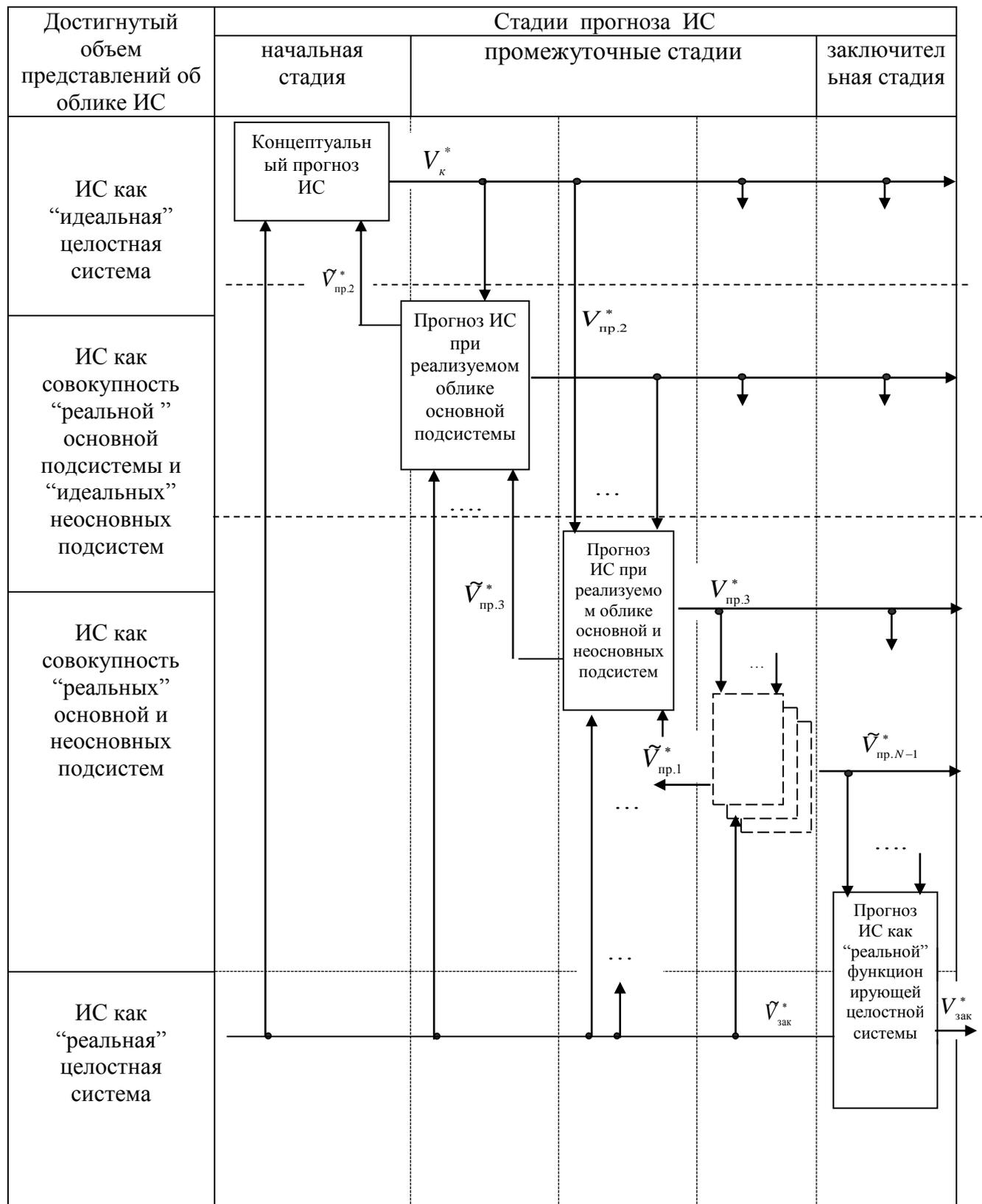


Рис. 1. Стадии прогноза облика информационной системы

Категория “стадия” прогноза ИС является следствием принципов

иерархии, ситуативности и аналогии структур и выражает преимущественную направленность исследований как в целом на прогноз ИС, так и на ту или иную группу свойств и характеристик системы. Каждая из его стадий разделяется на этапы прогноза.

Этап прогноза ИС – часть прогноза организационной структуры и технического облика в целом или стадии прогноза, в границах которой достигается определенный уровень обоснованности фиксированной группы свойств и характеристик ИС. К этапам прогноза относятся (см. рис. 2): постановка задачи прогноза облика; разработка альтернативных вариантов облика или, далее, вариантов ИС (её составных частей); оценка эффективности и выбор из вариантов ИС (её составных частей) предпочтительного; анализ устойчивости предпочтительного варианта ИС (её составных частей) при изменении слабо формализуемых (не формализуемых) факторов, дополнительно подлежащих учету по согласованию с заказчиком прогноза.

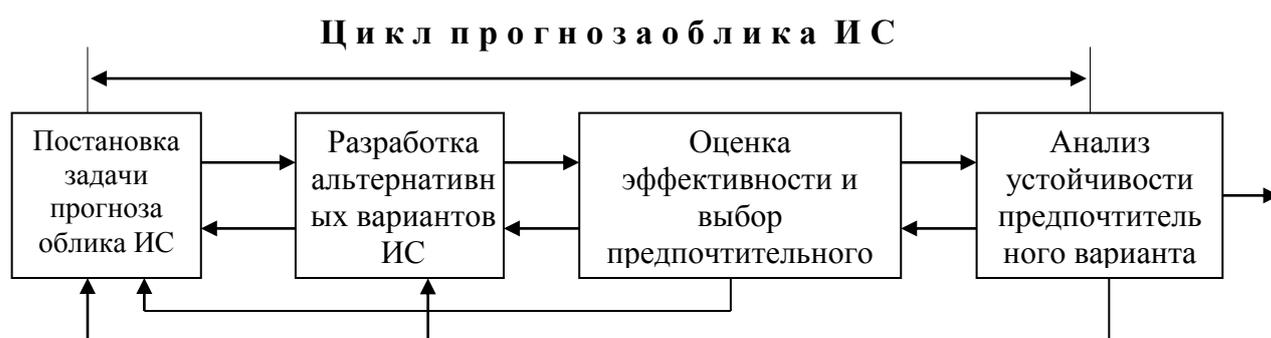


Рис. 2. Этапы прогноза облика информационной системы

Наиболее важным и сложным в методологическом отношении является этап разработки вариантов ИС (её составных частей), поскольку исследования на данном этапе носят преимущественно творческий характер, сравнимый с изобретательской деятельностью и базирующийся, зачастую, на не строгих формальных методах.

На начальных стадиях прогноза на этапе выбора определяются несколько конкурирующих вариантов облика ИС (её составных частей), поскольку преждевременный выбор только одного варианта закрывает путь другим и

повышает риск формирования не лучшего. Окончательный выбор предпочтительного варианта ИС (её составных частей) производится на заключительной стадии прогноза, когда достигается максимально возможная степень обоснованности представлений об её облике, соответствующая системе требований заказчика на прогноз её развития на заданный упреждающий период.

Прогноз облика ИС всегда проводится в условиях неопределенности целей заказчика, исходных данных конфликтного фона, представлений об условиях применения ИС и др. Кроме того, не всегда удается учесть в достаточной мере в постановке задачи прогноза и в математических моделях выбора и принятия решений все факторы, существенно влияющие на облик ИС. Поэтому на завершающем этапе прогноза необходим анализ устойчивости предпочтительного варианта ИС к изменяющимся слабо формализуемым (не формализуемым) факторам.

Последовательность этапов прогноза составляет цикл прогноза облика ИС. В ходе прогноза ИС может осуществляться несколько циклов. Кроме того, внутри отдельных циклов также могут быть циклы меньшего масштаба.

ИС характеризуется многими качественными сторонами. Каждая из них включает определенный набор свойств и характеристик ИС, проявляющихся в соответствующей среде. Поэтому при прогнозе ИС рассматривается с различных точек зрения (аспектов). Каждому аспекту ИС может быть поставлено в соответствие одноименный аспект прогноза, в рамках которого исследуется система связей, свойств и характеристик ИС, выражающих данную её качественную сторону.

Основными аспектами прогноза облика ИС (см. рис. 3) являются функциональный, структурный и параметрический аспекты. Это обусловлено тем, что сущность функционирования ИС носит структурный характер, а строение ИС функционально. В то же время функциональные и структурные свойства ИС количественно выражаются в её свойствах и характеристиках.

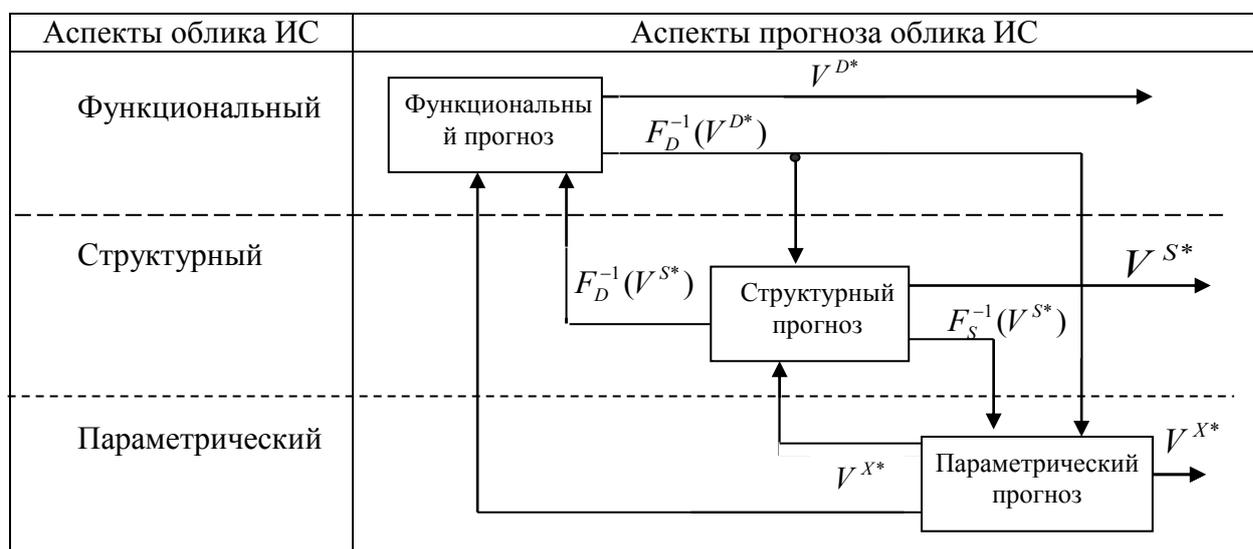


Рис. 3. Аспекты прогноза облика информационной системы

В рамках *функционального аспекта прогноза* проводится обоснование роли и места противодействующей ИС среди других взаимодействующих систем при решении задач снижения эффективности применения ИС, назначения и совокупности задач, способов решения задач, определяются функции и общий порядок (принципы) её функционирования. Поскольку функции ИС

разделяются на внешние и внутренние, то и функциональный аспект прогноза её облика в соответствии с принципами целостности, иерархии и аналогии структур разделяется на внешнесистемный и внутрисистемный. Внешнесистемный аспект прогноза ИС по отношению к внутрисистемному играет целеполагающую и интегративную роль, поскольку определяет условия, применительно к которым обосновывается внутренний функциональный облик ИС. Внутрисистемный аспект прогноза облика ИС по отношению к внешнесистемному имеет целесообразное значение, поскольку обоснованные в его рамках внутренние функции ИС обеспечивают осуществление ею внешних функций.

В ходе прогноза облика ИС, в соответствии с принципом ситуативности, функциональный аспект прогноза выполняет преимущественно роль главного процесса. С него начинается и им заканчивается прогноз облика ИС.

Структурный аспект прогноза облика ИС является результатом реализации принципов целостности, иерархии и аналогии структур и посвящен обоснованию состава и структуры системы, совокупности её внешних и внутренних связей, порядка и содержания взаимодействия составных частей ИС.

Определение характеристик ИС, соответствующих выявленным в ходе функционального и структурного прогноза свойствам системы, осуществляется в рамках *параметрического аспекта прогноза облика ИС*.

При необходимости в процессе прогноза облика ИС возможно выделение и сочетание других аспектов.

ИС включает совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих составных частей. Спрогнозировать её строение, структуру, определить характер и содержание взаимосвязей, свойства и характеристики составных частей и системы в целом сразу невозможно. Поэтому в соответствии с принципами целостности, иерархии и аналогии структур прогноз облика ИС подразделяется также на процессы, содержание которых раскрывает категория “уровни прогноза”.

Внешние свойства противодействующей ИС проявляются в процессе конфликтного взаимодействия с ИС (в “среде”), сущность которых определяется внутренним строением и структурой системы. Свойства составных частей ИС также проявляются в соответствующей им среде, их причина содержится в структуре более мелких составных частей. И так далее. Нарастающая степень детализации рассмотрения ИС фиксируется в иерархических уровнях её описания. Этим уровням ставятся в соответствие уровни прогноза облика ИС (см. рис. 4). Самый верхний уровень является уровнем внешнесистемного прогноза. Остальные – уровни внутрисистемного прогноза.

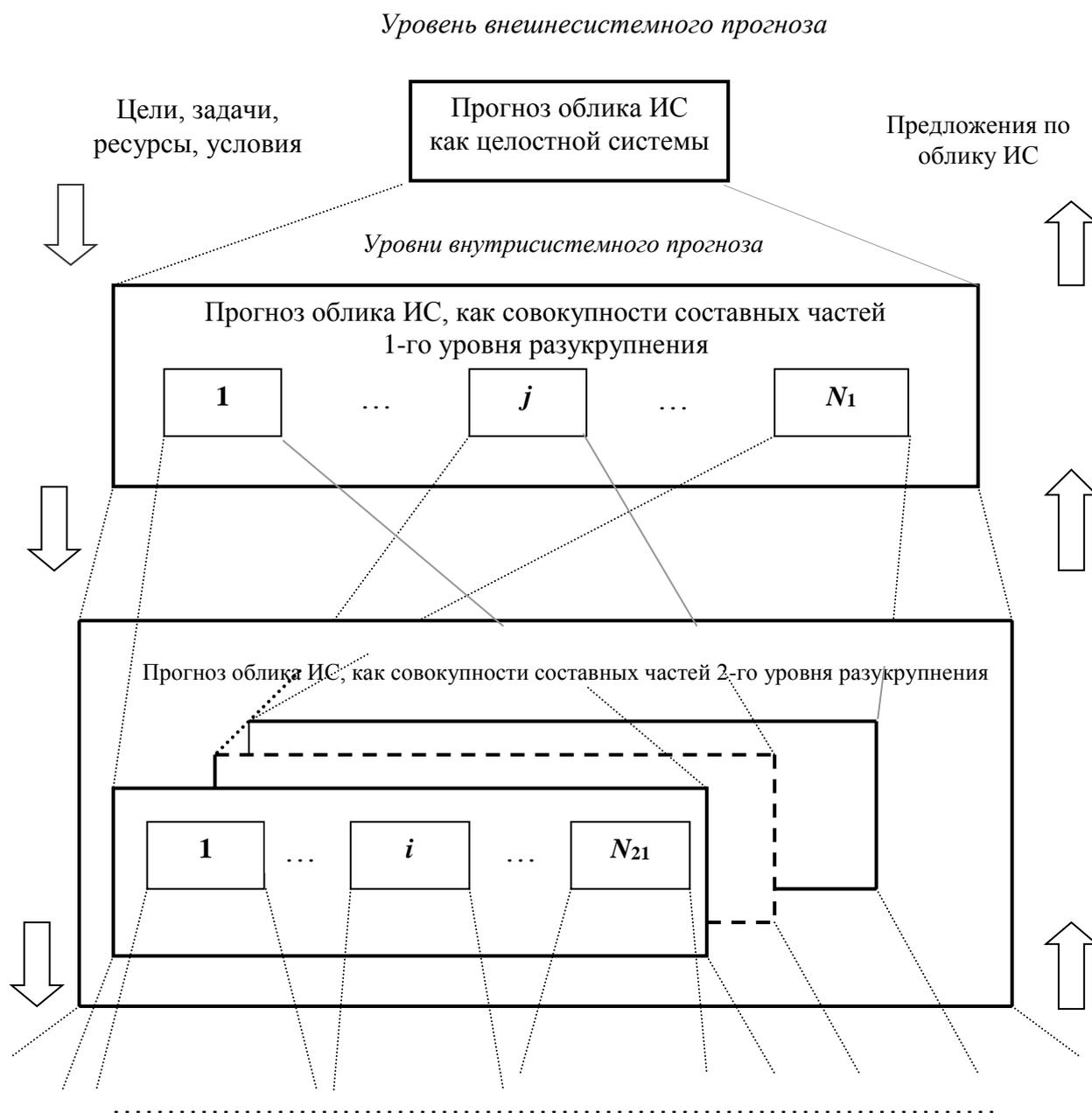


Рис. 4. Уровни прогноза облика информационной системы

На уровне *внешнесистемного прогноза* облика ИС рассматривается как целостная система без раскрытия её строения. На *уровнях внутрисистемного прогноза* облика ИС рассматривается как совокупность взаимодействующих составных частей. Количество уровней внутрисистемного прогноза определяется необходимой глубиной раскрытия строения и структуры ИС.

Уровень внешнесистемного прогноза обеспечивает обоснование свойств, характеристик и функционирования ИС в целом, а также согласование свойств,

характеристик и алгоритмов функционирования её составных частей, прогноз которых проводится на уровнях внутрисистемного прогноза. С уровня внешнесистемного прогноза начинается формирование облика ИС, на этом уровне и завершается. В ходе прогноза в результате многократного перехода от уровня к уровню, в соответствии с принципом смены оснований, постепенно достигается необходимое соответствие между свойствами ИС, её строением, структурой и алгоритмами функционирования, между характеристиками составных частей ИС и характеристиками системы в целом.

Аспекты и уровни прогноза “вкладываются” друг в друга, поочередно выполняя роль главного процесса прогноза облика ИС.

В ходе прогноза представления об облике ИС изменяются. Охватывая эти подвижные представления, категории как формы прогноза упорядочивают содержание прогноза. Между категориями прогноза происходят взаимопереходы, проникновение друг в друга. Смена категорий прогноза вызывается исчерпанием возможностей количественного обоснования свойств, характеристик и алгоритмов функционирования ИС в рамках данной формы прогноза и необходимостью их качественных изменений.

С учетом введенных принципов и категорий прогноза представим облик ИС в виде совокупности $V = (V^D, V^S, V^X)$ описаний функций V^D , структуры V^S и множества характеристик V^X , то есть совокупности функционального, структурного и параметрических обликов ИС.

В зависимости от состояния проработки облика ИС и целей в ходе исследований между аспектами прогноза могут устанавливаться различные отношения иерархии. Применительно к случаю, когда верхний уровень занимает функциональный аспект ИС (то есть главным процессом является функциональный прогноз), а нижний уровень – параметрический аспект, декомпозиция общей задачи прогноза облика ИС (1) будет иметь вид:

а) задача функционального прогноза

$$V^{D*} = \text{Arg} \min_{V^D \in \{V_a^D\}} C(V^D, \tilde{V}^{S*}, \tilde{V}^{X*}); \quad (2)$$

$$\{V_d^D\} = \{V^D : V^D \in V = (V^D, \tilde{V}^{S^*}, \tilde{V}^{X^*}), W(V, U) \geq W_{\text{тр}}, R(V, U) \subseteq R\};$$

б) задача структурного прогноза

$$V^{S^*} = \text{Arg} \min_{V^S \in \{V_d^S\}} C(\tilde{V}^{D^*}, V^S, \tilde{V}^{X^*}); \quad (3)$$

$$\{V_d^S\} = \{V^S : V^S \in V = (\tilde{V}^{D^*}, V^S, \tilde{V}^{X^*}), W(V, U) \geq W_{\text{тр}}, R(V, U) \subseteq R\};$$

в) задача параметрического прогноза

$$V^{X^*} = \text{Arg} \min_{V^X \in \{V_d^X\}} C(\tilde{V}^{D^*}, \tilde{V}^{S^*}, V^X); \quad (4)$$

$$\{V_d^X\} = \{V^X : V^X \in V = (\tilde{V}^{D^*}, \tilde{V}^{S^*}, V^X), W(V, U) \geq W_{\text{тр}}, R(V, U) \subseteq R\};$$

где символ “ \sim ” указывает на решения, полученные с предыдущего шага итерации.

Задачи функционального, структурного и параметрического прогноза (2), (3) и (4) решаются совместно. При невозможности получения приемлемого решения какой-либо одной из этих задач уточняются решения других задач, а также ограничения и условия. Возникающая в результате такого итерационного процесса последовательность решений будет сходиться к $V^* = (V^{D^*}, V^{S^*}, V^{X^*})$, являющемуся решением общей задачи прогноза ИС (1).

Введем по аналогии с [4] функции агрегирования и дезагрегирования описания облика ИС на уровне функционального F_D, F_D^{-1} , структурного F_S, F_S^{-1} и параметрического F_X, F_X^{-1} аспектов прогноза. Тогда иерархическая взаимосвязь обликов ИС в соответствии с задачами (2), (3) и (4) будет иметь вид:

$$V^D = G_D[V^D, F_D(V^S, V^X)];$$

$$V^S = G_S\{V^S, F_S[F_D^{-1}(V^D), V^X]\};$$

$$V^X = G_X\{V^X, F_X[F_D^{-1}(V^D), F_S^{-1}(V^S)]\},$$

где G_D, G_S, G_X – функции обобщения описаний облика ИС по аспектам прогноза.

Свяжем описания облика ИС по уровням её разукрупнения (уровням прогноза) следующими соотношениями:

$$V_l = \Phi_l[F_{l-1}^{-1}(V_{l-1}), F_l(V_{l+1})], \quad l = 1, 2, \dots;$$

$$V_o = F_o(V_1), \quad V = (V_o, V_1, \dots),$$

где V_l – облик ИС l -го уровня внутрисистемного прогноза; V_o – облик ИС уровня внешнесистемного прогноза; Φ_l – функция обобщения описаний облика ИС l -го уровня; F_l, F_{l-1}^{-1} – функции агрегирования и дезагрегирования описаний ИС l -го и $(l-1)$ -го уровня прогноза, соответственно.

При фиксированном уровне прогноза разукрупнение ИС осуществляется “по горизонтали”. Совокупность описаний (обликов) составных частей образует описание (облик) ИС в целом на заданном уровне прогноза:

$$V_l = (V_{1l}, \dots, V_{jl}, \dots, V_{N_l});$$

$$V_{jl} = \Phi_{jl}[F_{l-1}^{-1}(V_{l-1}), F_{jl}(V_{1(l+1)}), \dots, F_{jl}(V_{i(l+1)}), \dots, F_{jl}(V_{N_{l+1}^j})],$$

где V_{jl} – облик j -го элемента ИС l -го уровня; N_l – общее количество элементов на l -ом уровне ИС; Φ_{jl} – функция обобщения описаний облика j -го элемента ИС l -го уровня; F_{jl} – функция агрегирования описаний j -го элемента ИС l -го уровня; N_{l+1}^j – общее количество элементов $(l+1)$ -го уровня ИС, входящих в состав j -го элемента l -го уровня.

Декомпозиция общей задачи (1) по уровням разукрупнения облика ИС образует семейство иерархически связанных задач внешнесистемного и внутрисистемного прогноза. Задача внешнесистемного прогноза имеет тот же вид, что и общая задача прогноза облика ИС (1) при условии $V = V_o$.

Задачи внутрисистемного прогноза могут быть записаны следующим образом:

а) задача прогноза облика ИС l -го уровня

$$V_l^* = \text{Arg} \min_{V_l \in \{V_d\}_l} C(V_l);$$

$$\{V_d\}_l = \{V_l : W(V_l, U_l) \geq W_{\text{тр}}, R(V_l, U_l) \subseteq R_l\};$$

$$R_l \in R = (R_1, \dots, R_l, \dots); \quad V_l^* = (V_{1l}^*, \dots, V_{jl}^*, \dots, V_{N_l}^*); \quad U_l \in U = (U_1, \dots, U_l, \dots);$$

б) задача прогноза элементов облика ИС l -го уровня

$$V_{jl}^* = \text{Arg} \min_{V_{jl} \in \{V_d\}_l} C_{jl}(V_{jl});$$

$$\{V_d\}_{jl} = \{V_{jl} : V_{jl} \in V_l = (\tilde{V}_{1l}^*, \dots, V_{jl}, \dots, \tilde{V}_{N_l}^*)\};$$

$$j = \overline{1, N_l}; \quad C = C(C_{1l}, \dots, C_{jl}, \dots, C_{N_l}); \quad R_{jl} \in R_l = (R_{1l}, \dots, R_{jl}, \dots, R_{N_l});$$

$$U_{jl} \in U_l = (U_{1l}, \dots, U_{jl}, \dots, U_{N_l}).$$

Декомпозиция общей задачи прогноза облика ИС (1) по стадиям представляется соотношениями:

$$V_{cti}^* = Arg \min_{V_{cti} \in \{V_d\}_{cti}} C(V_{cti});$$

$$\{V_d\}_{cti} = \{V_{cti} : W_{cti}(V_{cti}, U_{cti}) \geq W_{tp}, R_{cti}(V_{cti}, U_{cti}) \subseteq R\}, \quad i = \overline{1, N_{ct}};$$

$$V_{cti} = \begin{cases} V_k, & i = 1, \text{ облик ИС на стадии концептуального прогноза;} \\ V_{np_i}, & i = \overline{2, N_{ct} - 1}, \text{ облик ИС на промежуточных стадиях прогноза;} \\ V_3, & i = N_{ct}, \text{ облик ИС на заключительной стадии прогноза;} \end{cases}$$

$$V_{cti}^* = \Phi_{cti}[F_{ct(i-1)}^{-1}(\tilde{V}_{ct(i-1)}^*), F_{cti}(\tilde{V}_{ct(i+1)}^*), \dots, F_3(\tilde{V}_3^*)];$$

$$V_k^* = \Phi_{ctk}[F_{ct2}(\tilde{V}_{ct2}^*), \dots, F_3(\tilde{V}_3^*)]; \quad V_3^* = \Phi_{ct3}[F_k^{-1}(\tilde{V}_k^*), \dots, F_{ct(N_{ct}-1)}^{-1}(\tilde{V}_{ct(N_{ct}-1)}^*)],$$

где Φ_{cti} – функция обобщения описаний облика ИС на i -ой стадии прогноза; $F_{ct(i-1)}^{-1}, F_{cti}$ – функции дезагрегирования и агрегирования описаний ИС, соответствующих $(i-1)$ -ой и i -ой стадиям прогноза; $\tilde{V}_{ct(i+1)}^*$ – описание предпочтительного варианта ИС $(i+1)$ -ой стадии прогноза, полученное на предыдущем шаге итерации; N_{ct} – общее количество стадий прогноза облика ИС.

Декомпозиция по этапам прогноза облика ИС выполняет роль основы, на которую как бы “нанизываются” другие виды декомпозиций (см. рис. 5). В то же время внутри каждого вида декомпозиции также может происходить смена иерархически главного аспекта (уровня, стадии, цикла, этапа). В результате такого сложного поступательно-возвратного движения по видам и внутри каждого вида декомпозиции образуется циклический итерационный процесс с нестационарной иерархической структурой, обеспечивающий постепенное детальное прогнозирование свойств, характеристик и порядка функционирования противодействующей ИС и достижение в итоге представлений о её целесообразном облике.

Прогноз строения, структуры, характеристик и алгоритмов функционирования ИС основывается на разработке её прогнозной модели в виде совокупности методов, процедур и приемов, с помощью которых можно получить информацию о возможных состояниях системы и (или) путях достижения этих состояний. Для этих целей возможно использование функциональных, экономических и процедурных моделей и моделей физических процессов.

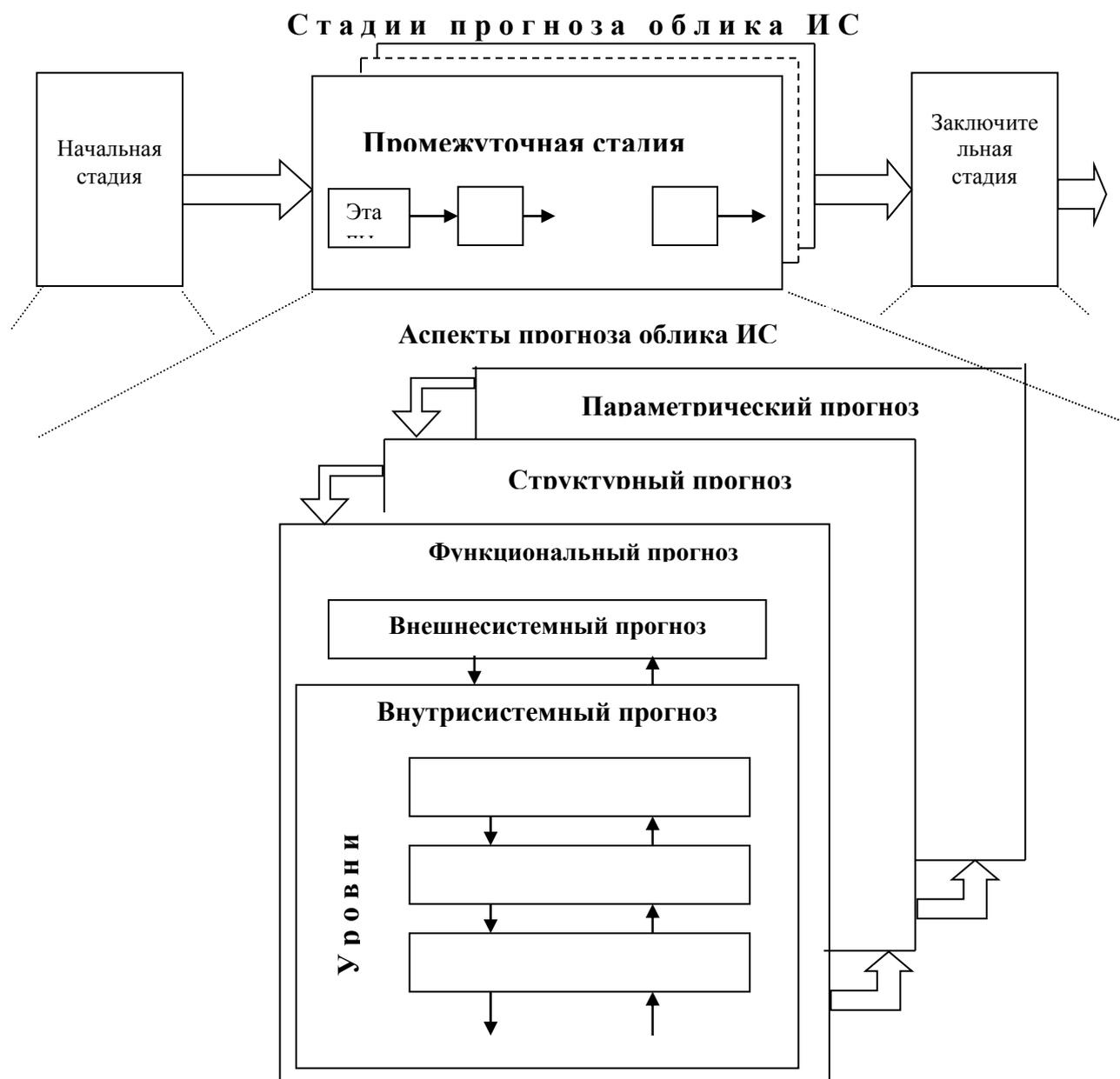


Рис. 5. Структура метода прогноза облика информационной системы

Функциональные модели описывают функции, выполняемые основными

составными частями ИС или процесса её применения. Они составляются в форме морфологического описания в начале проведения исследований ИС на основе определения функций составных частей ИС.

Модели физических процессов определяют зависимости между переменными физического процесса на нижних уровнях иерархии ИС (средств, комплексов и технических систем). Исходя из характера исследуемого процесса, модели являются непрерывными и дискретными во времени, детерминированными и статистическими, а по способу получения – аналитическими и экспериментальными.

Процедурные модели описывают операционные характеристики элементов и ИС в целом, то есть порядок и содержание различного рода воздействий. Они описывают действие, изменяющее состояние системы, а также совокупность правил и ограничений, налагаемых на функционирование ИС в различных условиях конфликта. Их разработка осуществляется на основе морфологического описания, графического представления, блок-схем, матриц решений, математических формул и операций над переменными, алгоритмического и программного описания.

Основным инструментом прогноза ИС на нижних уровнях – уровнях средств являются схемы экстраполяции: формальная или прогнозная. Формальная экстраполяция базируется на предположении о сохранении в будущем прошлых и настоящих тенденций её развития, как объекта прогнозирования. При прогнозной экстраполяции фактическое развитие увязывается с гипотезами о динамике облика исследуемой ИС с учетом в перспективе её физической и логической сущности.

Основу экстраполяционных методов прогнозирования составляют временные ряды, представляющие упорядоченные во времени наборы измерений тех или иных характеристик исследуемой ИС (процесса её применения). Задача прогноза состоит в определении вида экстраполирующей функции на основе имеющихся исходных эмпирических данных. Первым этапом экстраполяции тренда является выбор оптимального вида функции,

описывающей эмпирический ряд. Для этого проводятся предварительная обработка и преобразование исходных данных с целью облегчения выбора вида тренда путем сглаживания и выравнивания временного ряда, определения функций дифференциального роста, а также формального и логического анализа особенностей процесса. Следующим этапом является расчет параметров выбранной экстраполяционной функции.

Для оценки параметров зависимостей используются методы наименьших квадратов и его модификации, экспоненциального сглаживания, вероятностного моделирования и адаптивного сглаживания. Метод наименьших квадратов обеспечивает отыскание параметров модели тренда, минимизирующей его отклонение от точек исходного временного ряда. Метод экспоненциального сглаживания дает возможность получить оценку параметров тренда, характеризующих не средний уровень процесса, а тенденцию, сложившуюся к моменту последнего наблюдения. Основным и наиболее трудным моментом является выбор параметра сглаживания, начальных условий и степени прогнозирующего полинома. Метод экспоненциального сглаживания, являющийся обобщением метода скользящего среднего, позволяет построить такое описание объекта, при котором более поздним наблюдениям придаются большие веса по сравнению с ранними наблюдениями, причем веса наблюдений убывают по экспоненте.

Метод прогнозирования облика ИС основывается на установлении по временным срезам прогноза (стадиям) конечных целей и прогнозирования путей и элементов их достижения. При этом на основе оценок эффективности осуществляется оценка вклада различных вариантов на достижение конечной цели прогноза ИС и принятие решения по выполнению (1) для формирования её оптимального облика.

Приведенный метод позволяет сформировать траекторию прогноза и разработать конструктивные процедуры прогнозирования облика противодействующих ИС на упреждающий период. Он обеспечивает прогнозирование облика и способов функционирования ИС при решении

задачи достижения организационно-технической системой целевого превосходства в той или иной предметной области, а так же облегчает прогноз эффекта соблюдения при функционировании ИС стандартов информационной безопасности [7].

Список использованных источников и литературы

1. Рабочая книга по прогнозированию / Редкол.: И.В. Бестужев-Лада (отв. ред.). – М.: Мысль, 1982.
2. Мистров Л.Е. Метод декомпозиции в задаче синтеза функциональной организационно-технической системы / Л.Е. Мистров, В.А. Дворников // Наука производству. – 2004. – №6 (74). – С. 33–39.
3. Мистров Л.Е. Основы методологии автоматизированного проектирования организационно-технических систем / Л.Е. Мистров // Автоматизация и современные технологии. – 2005. – №6. – С. 3–13.
4. Вязгин В.А. Математические методы автоматизированного проектирования / В.А. Вязгин, В.В. Федоров. – М.: Высшая школа, 1989.
5. Месарович М. Теория иерархических многоуровневых систем / М. Месарович, Д. Мако, И. Такахара. – М.: Мир, 1973.
6. Цыгичко В.Н. Прогнозирование социально-экономических процессов / В.Н. Цыгичко. – М.: Финансы и статистика, 1986.
7. Докукин А.В., Ершова Т.Б., Коновалов В.А., Стреха А.А. Основы разработки стандартов информационной безопасности // Стандарты и качество. 2008. № 8

© Мистров Л.Е., 2014