

## **Обзор и анализ методов прогнозирования динамических процессов с неопределенными данными**

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»*

**Ключевые слова:** прогнозирование, неопределенность, динамический процесс, интервал, моделирование, гибридная модель, дерево решений, построение сценариев, ситуационные центры.

**Ключові слова:** прогнозування, невизначеність, інтервал, моделювання, гібридна модель, дерево рішень, побудова сценаріїв, ситуаційні центри.

**Key words:** forecasting, uncertainty, dynamic process, interval, modeling, hybrid model, tree of decisions, construction of scenarios, situational centers.

### **Постановка проблемы в общем виде**

В условиях современной динамики и трансформации рыночной экономики деятельность предприятий существенно зависит от того, насколько достоверно они могут предвидеть перспективы своего развития в будущем, т.е. от прогнозирования. В значительной мере быстрое изменение динамики и структуры процессов ведет к неопределенности этих процессов.

В настоящее время методы прогнозирования заняли видное место в экономических и технических науках. С развитием компьютерной техники, совершенствованием информационных технологий, распространением пакетов прикладных программ эти методы вышли за стены учебных и научно-исследовательских заведений. Они стали важным инструментом в деятельности плановых, экономических, аналитических, маркетинговых отделов производственных предприятий и объединений, торговых, страховых компаний, банков, правительственных учреждений. Информационные запросы управляющих структур в условиях рынка существенно меняются по объему, составу, достоверности и оперативности информации. В связи с этим для руководителей различных уровней возрастает роль прогнозирования и принятия обоснованных управленческих решений, что дает стимул развитию методов, моделей и инструментальных средств прогнозирования.

### **Анализ исследований и публикаций**

В развитии методологии прогнозирования социально-экономических процессов большую роль сыграли научные разработки советских ученых А.Г. Аганбегяна, Д.М. Гвишиани, Н.П. Федоренко, А.И. Анчишкина, И.В. Бестужева-Лады, А.Г. Ивахненко, Б.Н. Михайлевского, А.Г. Емельянова, Е.М. Четыркина и др. В работах этих ученых рассматриваются значение, сущность и функции прогнозирования, его роль и место в системе планирования, исследуются вопросы методологии и организации прогнозирования.

По оценкам отечественных и зарубежных ученых, в настоящее время насчитывается свыше 200 методов прогнозирования, однако число базовых значительно меньше, а на практике используются в качестве основных 15-20 методов [1]. Многие из этих методов относятся, скорее, к отдельным приемам и процедурам, учитывающим нюансы объекта прогнозирования. Другие

представляют собой набор отдельных приемов, отличающихся от базовых или друг от друга количеством частных приемов и последовательностью их применения.

### **Выделение нерешенной проблемы**

Как отмечалось ранее, техника прогнозирования продолжает развиваться, и появляются все новые и новые методы, так как менеджмент сталкивается с растущей потребностью в прогнозировании процессов. Особое внимание при этом сосредотачивается на ошибках, которые являются неотъемлемой частью любой процедуры прогнозирования. Предсказания будущих исходов редко оказываются точными (с точностью до знака), поэтому человек, занимающийся прогнозированием, может лишь пытаться, насколько это возможно, смягчить последствия неизбежных ошибок.

Почему же прогнозирование необходимо в свете общей недетерминированности естественных процессов? Ответ состоит в том, что все организации функционируют в условиях неопределенности, но, вопреки этому, их управленцы должны принимать решения, оказывающие влияние на будущее организации. Обоснованные предположения о будущем более ценны для менеджеров, чем необоснованные.

Практика показывает, что прогнозирование достаточно сложно. Иногда прогноз основывается на хорошо изученных закономерностях и осуществляется наверняка. Однако в социально-экономической области обычно не удается дать однозначный обоснованный прогноз. Причины – неопределенности в различных аспектах производственной и экономической ситуаций.

Целью данной статьи является проведение обзора и анализа методов прогнозирования динамических процессов с неопределенными исходными данными, в целях частичного решения современной задачи прогнозирования - минимизирования ошибок прогноза.

### **Решение поставленной задачи**

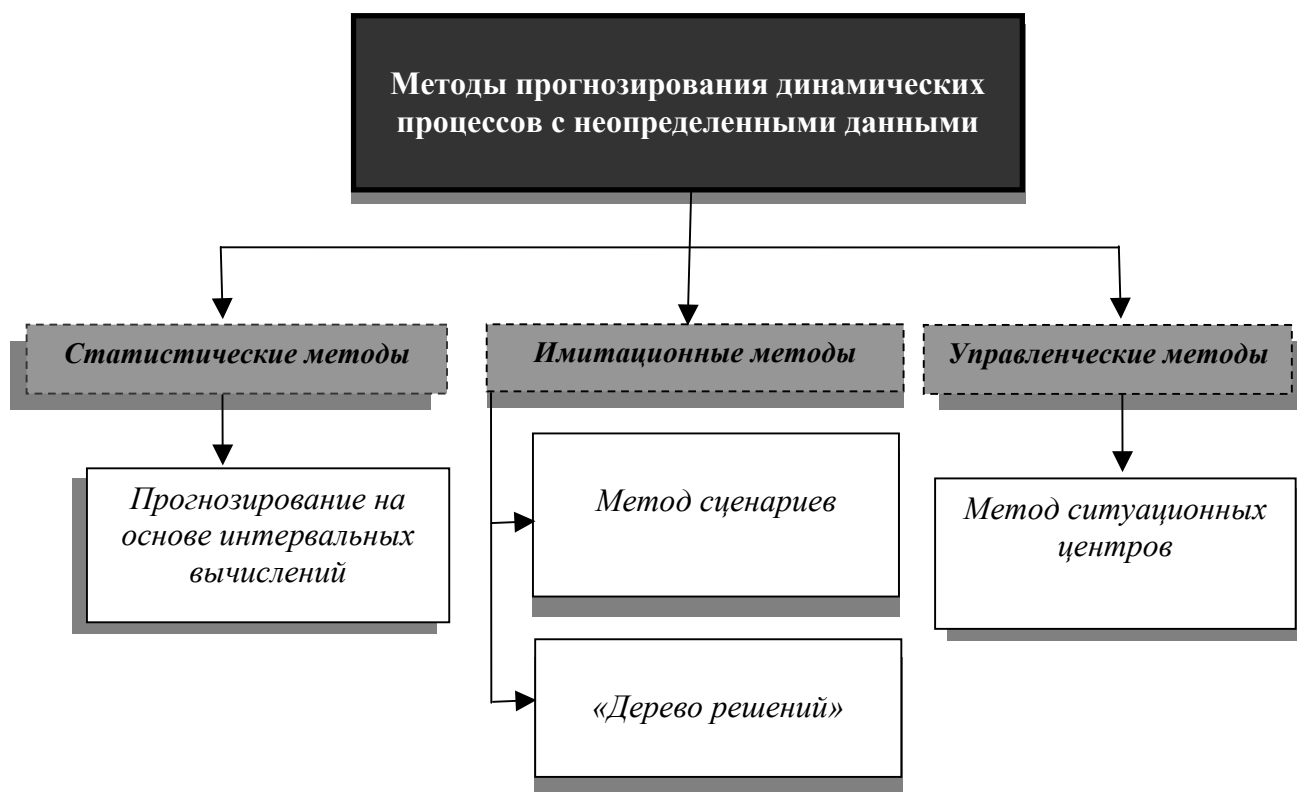
В современных условиях, характеризующихся неопределенностью с постоянными динамическими изменениями, актуально использовать инновационные методы управления, в частности прогнозирование динамических процессов с неопределенными данными. Неопределенность данных характеризуется множеством факторов неопределенности: неопределенность исходных данных, неопределенность внешней среды, неопределенность, связанная с характером динамики процессов и т. д. Именно факторы неопределенности определяют ошибку прогноза, т.е. опасность потери ресурсов, недополучения доходов или появления дополнительных расходов, связанных с системой хозяйствования.

На основе проведенного анализа методов прогнозирования и обработки динамических процессов с неопределенностью в исходных данных все методы можно разделить на три группы: статистические методы, имитационные методы, управленческие методы (см. рисунок).

*Статистические методы прогнозирования* все более широко применяются при решении различных прикладных задач. Одним из таких методов является наложение интервальных операций на оптимальную прогнозную модель.

В настоящее время интервальное представление факторов неопределенности привлекает все большее внимание инженеров и экономистов как именно ограничительное и наиболее адекватное многим практическим постановкам задач.

На сегодня интервальные вычисления имеют уже достаточно богатую историю. Первые попытки регулярного использования интервального подхода в решении конкретных задач численного анализа относятся к рубежу 50 - 60-х гг. прошлого века. Решающим шагом на пути оформления идеи в самостоятельное математическое направление стала написанная в 1966 году основополагающая монография американского математика Романа Мура [2]. Первоначально это направление получило название «интервальный анализ», а затем чаще стал употребляться термин «интервальная математика».



Структура методов прогнозирования динамических процессов с неопределенными исходными данными

Результатом интервальных расчетов являются интервалы (*интервал* – это замкнутый числовой промежуток), в которых могут находиться итоги вычислений. Применение интервальных вычислений имеет преимущество перед детерминированными или вероятностными методами вычислений: не требуется знание вероятностных характеристик факторов, которые на практике редко бывают точно известными. Фактически вместо них используются их статистические оценки. В этом случае требуется кроме положения центра рассеивания указывать двусторонние границы получаемых результатов. Например, интервал между 2 и 3 содержит все вещественные числа между 2 и 3, включая их самих, и обозначается как  $[2, 3]$ . Соответственно, интервальная неопределенность

– это состояние неполного (частичного) знания об интересующей нас величине, когда можно лишь указать ее принадлежность данному интервалу. Иными словами, мы можем предъявить только границы возможных значений этой величины (либо пределы ее изменения), и ширина получающегося интервала является естественной мерой неопределенности (неоднозначности).

Выполнение арифметических операций над величинами, имеющими интервальную неопределенность, приводит к интервальной неопределенности в ответе, и интервал результата должен содержать все возможные результаты выполнения операции над представителями исходных интервалов. Например,  $[1,2]+[2,3]=[3,5]$ , если в пределах интервалов  $[1,2]$  и  $[2,3]$  соответствующие величины могут принимать значения «независимо» друг от друга.

Имеются три основные сферы успешного применения интервального анализа и интервальных методов:

- решение практических задач, имеющих интервальную неопределенность данных;
- прогнозирование динамических процессов на основе построения гибридных моделей: операций интервальной алгебры и прогнозных моделей;
- решение задач, имеющих большой объем информации, которую можно решить на основании кластеризации.

В настоящее время разработка методов прогнозирования на основе интервальных методов представляется, прежде всего, на основании интервального подхода к стандартным методам прогнозирования.

Одним из основных *имитационных методов* прогнозирования процессов с неопределенными данными является метод «дерево решений».

*Метод «деревьев решений»* – является одним из наиболее популярных методов решения задач классификации и прогнозирования. Иногда этот метод называют «деревом решающих правил», «деревьями классификации и регрессии». Как видно из названия, с помощью данного метода решаются задачи классификации и прогнозирования. Если зависимая, т.е. целевая, переменная принимает непрерывные значения, то дерево решений устанавливает зависимость этой переменной от независимых переменных, т.е. решает задачу численного прогнозирования.

Впервые «деревья решений» были предложены *Ховилендом и Хантом* в конце 50-х годов прошлого века. Самая ранняя известная версия этого метода – работа *Ханта* и др., в которой излагается суть дерева решений, – «*Эксперименты и индукции*» - была опубликована в 1966 году [3].

В наиболее простом виде «дерево решений» – это способ представления правил в иерархической, последовательной структуре. Основа такой структуры – ответ «Да» или «Нет» на ряд вопросов.

Качество построенного «дерева решения» весьма зависит от правильного выбора критерия распределения. Над разработкой и усовершенствованием критериев работают многие исследователи. Метод «деревьев решений» часто называют «наивным» подходом. Но благодаря целому ряду преимуществ данный метод является одним из наиболее популярных для решения задач классификаций и прогнозирования.

*Метод сценариев* сходен с методом «дерево решений». На основании этого метода можно учесть одновременное влияние изменения нескольких факторов неопределенности. Под сценарием понимается метод построения предвидения возможного хода событий в той или иной области, которая относится

к существованию объекта прогнозирования. Сценарий может быть построен на любом иерархическом уровне управления. Основное предназначение сценариев – это определение генеральной линии развития объекта прогнозирования с учетом действия факторов (внешних и внутренних), формирования критериев для оценки конечных целей. Как обычно, сценарий строится для сложных объектов, которые формируются из отдельных элементов, при этом лучше всего, чтобы эти оценки были количественными. Опыт показывает, что отсутствие прогнозных оценок, даже по незначительным деталям, может негативно влиять на эффективность принятия решений.

Сценарий, таким образом, аккумулирует систему прогнозов, которая используется для оценки будущих отдельных элементов сложного объекта. Метод сценариев характеризуется как метод многоаспектных прогностических оценок, которые влияют на прогнозирование отдельных элементов системы, и поэтому должен разрабатываться высококвалифицированными специалистами широкого профиля с разнообразными взглядами на прогнозируемую систему.

К основным недостаткам практического использования метода сценариев относятся: во-первых, необходимость выполнения достаточно большого объема работ по отбору и аналитической обработке информации для каждого возможного сценария; во-вторых (как следствие) эффект ограниченного числа возможных комбинаций переменных, заключающийся в том, что количество сценариев, подлежащих детальной обработке, ограничено, так же как и число переменных, подлежащих варьированию; в-третьих, большая доля субъективизма в выборе сценариев развития и назначения вероятностей их возникновения.

В условиях, характеризующихся неопределенностью и постоянными изменениями, актуально использовать инновационные методы прогнозирования, в частности прогнозирования принимаемых решений. Один из таких методов, получивших уже довольно широкое распространение в странах с развитой рыночной экономикой, – так называемые «*ситуационные центры*» (разновидность информационных систем поддержки принятия решений). Ситуационные центры аккумулируют средства сбора и анализа информации, инструменты прогнозирования и построения возможных моделей развития и визуального представления результатов, причем в виде, который будет максимально удобен и полезен для первых лиц компании [4].

Главная компонента ситуационного центра – это средства динамического (имитационного) моделирования, которые позволяют просчитать возможные последствия разных вариантов развития событий (ответ на вопрос: «что будет, если...?»). Прогнозирование позволяет получить сценарий развития на основе анализа текущей ситуации (мы знаем, как сейчас растет прибыль и можем попытаться узнать, как она будет расти через полгода, если ничего не изменится). Моделирование позволяет вносить возмущения и определять возможные последствия.

Для Украины ситуационные центры – пока экзотика. Однако именно украинские предприятия в большей степени нуждаются сегодня в таком инструменте, поскольку нестабильность и неопределенность экономической ситуации и изменчивость окружающей среды не дают руководителю расслабиться, заставляют его держать ситуацию под контролем. Механизмы анализа и прогноза, предоставляемые ситуационным центром, помогут компании овладеть сложной ситуацией и разработать на ней, создать задел для будущего успешного развития.

### **Выводы**

Статистические методы представляют наибольший интерес при прогнозировании динамических процессов с неопределенными данными. К таким методам относится метод на основе интервального анализа. Он позволяет решить задачи, связанные с недостатком исходной информации. Эта область прогнозирования остается до сих пор не решенной, что и создает актуальность данной тематики.

Вышеизложенные результаты статьи позволяют перейти к решению задач прогнозирования динамических процессов с неопределенными данными путем формирования научно-обоснованных методов прогнозирования на основе интервального анализа.

### **Список литературы**

1. Грабовецкий Б. Є. Економічне прогнозування та планування / Б. Є. Грабовецкий – К.: Центр навчальної літератури, 2003. – 188 с.
2. Прикладной интервальный анализ / Л. Жолен, М. Кифер, О. Дидри, Э. Вальтер – М.: Институт компьютерных исследований, 2007. – 468 с.
3. Таха Хемди А. Введение в исследование операций / Хемди А. Таха. – [6-е изд.] – М.: Изд. дом «Вильямс», 2001. – 912 с.
4. Бережная Е.В. Математические методы моделирования экономических систем: учеб. пособие / Е.В. Бережная, В.И. Бережной. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 378 с.

**Рецензент:** д.т.н., проф., заведующий кафедрой И.Б. Туркин Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»

Поступила в редакцию 25.02.09