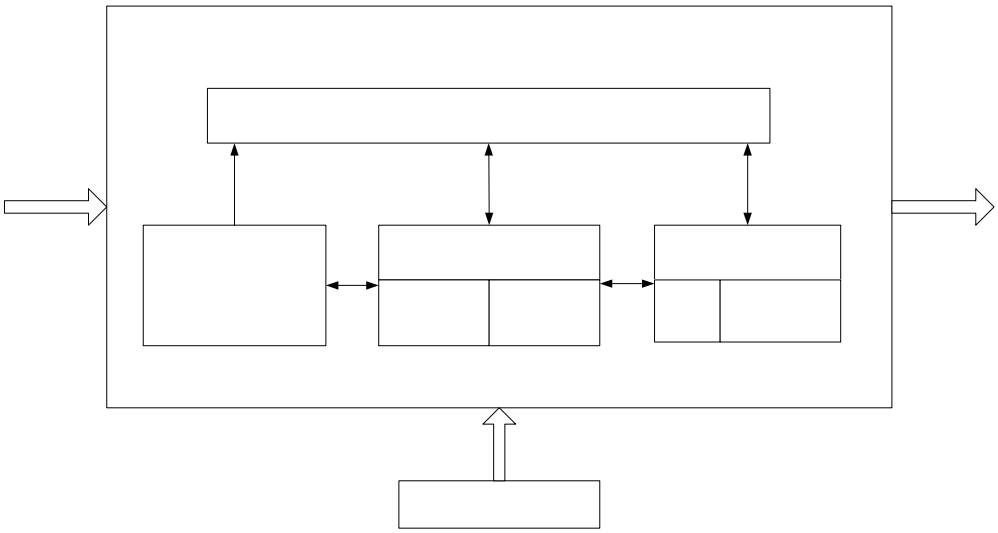

Типовая структура системы прогнозирования

1. Реализация решения по корректировки текущего состояния системы.

2. С определенной дискретизацией временного интервала проводится повторное прогнозирование. Это необходимо для того, чтоб учесть возможные отклонения от принятого решения и реальной ситуации вследствие воздействия неучтенных внешних факторов. Отрицательный прогноз снова указывает на необходимость принятия управляющих воздействий.

Данная цепочка действий позволяет отслеживать тенденцию в развитии организации, контролировать складывающуюся ситуацию и выявлять необходимость в принятии каких-либо мер по повышению эффективности его деятельности.

Задачи прогнозирования являются одними из наиболее распространенных, но в то же время и одними из самых сложных при управлении деятельностью предприятий. Для возможности осуществления качественного прогнозирования необходимо наличие следующих элементов:

– исходная информация, являющаяся основой дальнейших расчетов;

– прогнозный фон, представляющий собой внешние факторы, на которые невозможно оказать влияние, но которые необходимо принимать во внимание;

– целевая функция, являющаяся результатом прогнозирования.

В общем виде систему прогнозирования можно представить в виде схемы, изображенной на рис. 1 [4].

В зависимости от типа прогноза, который необходимо получить на каждой стадии анализа эффективности деятельности организации, применяются разные методы прогнозирова-ния, которые классифицируются в соответствии с проблемно-целевым признаком, по критерию природы объекта, по критерию времени, по критерию сложности, по степени детерминированности, по критерию характера развития объекта во времени, по критерию масштабности объекта. Классификация методов прогнозирования предлагается во многих источниках, в том числе в [6].

Входная информация

Объекты
(явления,
виды хозяй
деятель

После определения типа прогноза, который необходимо получить, можно приступить к выбору метода прогнозирования. Все методы прогнозирования можно условно поделить на несколько групп.

Эмпирические методы. Преимущественно используются при долгосрочных прогнозах, особенно в тех случаях, когда трудно дать количественную оценку показателей. В качестве экспертов выступают специалисты по конкретной проблеме, способные сделать долгосрочный прогноз. Существует несколько методов, в общем случае являющихся разновидностями метода экспертных оценок: индивидуальная экспертная оценка, коллективная экспертная оценка, метод генерации идей, аналитический метод, метод интервью, метод экспертных комиссий и ряд других.

Аналитическое и имитационное моделирование. К данной группе можно отнести метод аналогий, математическое моделирование, имитационное моделирование, а также нормативный метод.

Метод аналогий представляет собой перенос имеющихся сведений об одном объекте на другой. Отрицательной чертой данного метода является тот факт, что практически невозможно найти объекты, полностью идентичные друг другу. Метод аналогий используется при моделировании и постановке экспериментов.

Математическое моделирование позволяет получить информацию о возможных состояниях объекта прогноза (модели) и путях достижения этих состояний. Объект описывается с помощью математических формул, уравнений и неравенств. Следует отметить, что модель не является полным аналогом исходного объекта, а лишь отражает интересующие исследователя свойства.

Нормативный метод прогнозирования базируется на формулировке норм и целей и определении путей и сроков их достижения. Данный метод применяется для программных прогнозов, при этом используется как количественное выражение норматива, так и определенная шкала возможностей оценочной функции.

Статистические методы. К статистическим методам прогнозирования относят экстраполяцию, адаптивные методы, корреляционный и регрессионный анализ, авторегрес-сия, и многие другие.

Экстраполяция – это метод, который основывается на гипотезе о том, что ранее выявленные закономерности будут действовать в прогнозном периоде. При этом прогнозируемые показатели рассчитываются как продолжение динамического ряда на будущее по выявленной закономерности развития. В математике и статистике динамический ряд данных продолжается по определенным формулам.

Экстраполяция широко применяется при анализе и прогнозе практически всех социальных процессов. Она может быть представлена в виде корреляционных и регрессионных зависимостей, в виде тренда, основываться на факторном анализе.

Адаптивные методы при обработке временных рядов позволяют учитывать информационную ценность уровней ряда, а не среднюю тенденцию, что увеличивает точность прогноза.

Нейросетевые технологии. Достоинством нейронных сетей является возможность получения достоверных прогнозов уже при несложном строении нейронной сети, возможность добавления или исключения из рассмотрения различных параметров путем включения или выключения соответствующих входов без необходимости пересмотра всей построенной модели. Кроме того, ней-

ронные сети могут самообучаться, при этом решение проблем прогнозирования осуществляется без привлечения к этому процессу экспертов.

Основным недостатком, присущим всем нейронным сетям, является отсутствие возможности получить алгоритм выработки того или иного решения, т.е. наблюдается так называемый «чёрный ящик», а также недостаточная теоретическая база, обосновывающая надежность полученных результатов.

Существуют и другие методы прогнозирования, например морфологический анализ, распознавание образов, спектральный анализ и т.д. Данные методы зачастую применяются в узкоспециализированных областях, поэтому не получили широкого распространения.

Самыми популярными методами прогнозирования, показывающими при правильно подобранной модели достаточно точные результаты, являются статистические методы. Данные методы имеют мощное математическое обоснование, а также могут быть реализованы на ЭВМ со сравнительно невысокими трудозатратами. В их основе лежит экстраполяция, которая используется с применением нескольких моделей, рассмотренных далее [5, 7].

"Наивная" модель прогнозирования

«Наивная» модель прогнозирования строится на основе рассуждений о том, что ситуация в будущем остается эквивалентной текущей, и выглядит следующим образом:

$$Y(t+1) = Y(t) \qquad (1)$$

Данная модель не отображает зависимости прогнозируемого состояния объекта от внешнего влияния, а также не учитывает случайных воздействий. Очевидно, что данная модель не обладает достаточной точностью. Для увеличения достоверности иногда применяют модифицированные «наивные» модели, имеющие вид:

$$Y(t+1) = Y(t) + [Y(t) - Y(t-1)] \qquad (2)$$

$$Y(t+1) = Y(t) \cdot \frac{Y(t)}{Y(t-1)} \qquad (3)$$

Средние и скользящие средние

Одним из способов повышения достоверности прогноза является применений моделей, основанных на усреднении величин динамических рядов. При этом усреднение может осуществляться на всём временном интервале (4), или же на определенном промежутке времени, выбираемом пользователем (5).

$$Y(t+1) = \frac{1}{t} \cdot (Y(t) + Y(t-1) + \ldots + Y(1)) \qquad (4)$$

$$Y(t+1) = \frac{1}{(T+1)}(Y(t) + Y(t-1) + \ldots + Y(t-T)). \qquad (5)$$

Следует отметить, что данные модели обладают теми же недостатками, что «наивные».

Экспоненциальные средние

Основой модели является постоянная адаптация прогноза к данным за счет новых значений. Модель имеет вид:

$$Y(t+1) = a \cdot Y(t) + (1-a) \cdot \hat{Y}(t), \qquad (6)$$

где *Y(t+1)* – прогноз на следующий период времени; *Y(t)* – реальное значение в момент времени *t*; $\hat{Y}(t)$ – прошлый прогноз на момент времени *t*; *a* – постоянная сглаживания, $a \in [0;1]$.

Постоянная сглаживания определяет зависимость прогноза от старых данных. Ее значение определяется экспериментальным путем.

Вышеперечисленные модели рекомендуется использовать при краткосрочном прогнозировании и лишь в качестве дополнительных средств.

Метод Хольта

Названный в честь своего изобретателя, метод Хольта представляет собой усовершенствованный метод экспоненциального сглаживания, при котором параметры сглаживания у тренда и значения уровня различны:

$$\begin{cases} \Omega_t = \alpha Y_t + (1-\alpha)(\Omega_{t-1} - T_{t-1}), & (7.1) \\ T_t = \beta(\Omega_t - \Omega_{t-1}) + (1-\beta)T_{t-1}, & (7.2) \\ \hat{Y}_{t+p} = \Omega_t + pT_t, & (7.3) \end{cases}$$

Уравнение (7.1) описывает сглаженный ряд общего уровня; уравнение (7.2) служит для оценки тренда; уравнение (7.3) определяет прогноз на *p* отсчетов по времени вперед.

Постоянные сглаживания также подбираются экспериментальным путем. Главным условием является нахождение такой пары постоянных сглаживания, при которых значение прогноза на тестовом наборе значений показало бы максимально достоверный результат.

Недостаток метода Хольта заключается в невозможности учесть при прогнозировании сезонные колебания.

Метод Винтерса

Метод Винтерса представляет собой расширение метода Хольта, в котором сделана попытка учесть сезонные колебания путем введения третьего параметра:

$$\begin{cases} \Omega_t = \alpha \dfrac{Y_t}{S_{t-s}} + (1-\alpha)(\Omega_{t-1} - T_{t-1}), & (8.1) \\ T_t = \beta(\Omega_t - \Omega_{t-1}) + (1-\beta)T_{t-1}, & (8.2) \\ S_t = \gamma \dfrac{Y_t}{\Omega_t} + (1-\gamma)S_{t-s}, & (8.3) \\ \hat{Y}_{t+p} = (\Omega_t + pT_t)S_{t-s+p}, & (8.4) \end{cases}$$

В уравнении (8.1) служит для исключения сезонности из Y(t).

Сезонность учитывается в последнем уравнении, когда «чистый» прогноз, посчитанный по методу Хольта, умножается на сезонный коэффициент.

Регрессионные методы прогнозирования

Наибольшее распространение получили модели, построенные на основе регрессионного анализа. В общем случае модель регрессии выглядит следующим образом:

$$Y = F(X_1, X_2, ..., X_N) + \varepsilon \qquad (9)$$

Функциональная зависимость может принимать линейный, степенной, гиперболический, параболический, полиномиальный и другие виды. Математический аппарат наиболее разработан для линейных моделей, поэтому производится попытка привести все остальные модели к линейным.

В более простом варианте линейной регрессионной модели зависимость зависимой переменной от независимых переменных имеет вид:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + ... + \beta_N X_N + \varepsilon, \qquad (10)$$

где β_0 ,... β_N – коэффициенты регрессии; ε – ошибка.

Ключевыми моментами при построении уравнения регрессии являются нахождение коэффициентов регрессии, выбор значимых независимых переменных и проверка адекватности модели.

Методы Бокса-Дженкинса (ARIMA)

В середине 90-х годов прошлого века был разработан класс алгоритмов для прогнозирования временных рядов, в которых модели опираются только на информацию, содержащуюся в предыстории прогнозируемых рядов. Данные алгоритмы не предполагают использование строго определенной модели прогнозирования. В них лишь задается общий класс моделей. На основе текущего значения объекта и предыстории прогноза алгоритм сам выбирает наиболее подходящую к конкретному случаю модель прогнозирования. В логической форме данную модель можно представить в следующей форме:

AR(p)+MA(q)->ARMA(p,q)->ARMA(p,q)×
×(P,Q)->ARIMA(p,q,r)(P,Q,R)->..., (11)

где *AR(p)* – авторегрессионая модель порядка *p*. Модель имеет вид:

$$Y(t) = f_0 + f_1 Y(t-1) + f_2 Y(t-2) + \ldots + \\ + f_p Y(t-p) + E(t), \qquad (12)$$

где *Y(t)* – зависимая переменная в момент времени t; $f_0, \ldots f_p$ – оцениваемые параметры; *E(t)* – ошибка от влияния переменных, которые не учитываются в данной модели.

MA(q) – модель со скользящим средним порядка q. Модель имеет вид:

$$Y(t) = m + e(t) - w_1 e(t-1) - \\ - w_2 e(t-2) - \ldots - w_p e(t-p), \qquad (13)$$

где *Y(t)* – зависимая переменная в момент времени t; $w_1, \ldots w_p$ - оцениваемые параметры.

При прогнозировании следует учитывать, что деятельность каждой организации имеет свои особенности, отличительные черты. Поэтому применение одного метода прогнозирования при анализе функционирования различных организаций может привести к неудовлетворительному результату. Отличительной чертой статистических методов прогнозирования является возможность учитывать сезонные колебания уровней временных рядов, тренды, периодичность. Поэтому данная группа методов предоставляет специалистам наиболее широкие возможности для учета всех особенностей объекта прогнозирования.

Таким образом, прогнозирование может применяться как инструмент для анализа, координации и повышения эффективности деятельности организации, который с определенной точностью показывает, насколько функционирование организации соответствует поставленной цели при условии апробации различных методов прогнозирования, и выбора для использования тех из них, которые показывают минимальные допустимые расхождения результатов с реальной ситуацией.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Айвазян С.А., Балкинд О.Я., Баснина Т.Д. и др.* Стратегии бизнеса: Аналитический справочник**.** Под ред. Г.Б. Клейнера. – М.: КОНСЭКО, 1998.
2. *Бережная Е.В., Бережной В.И.* Математические методы моделирования экономических систем: Учеб. пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Финансы и статистика, 2005. – 432с.:ил.
3. *Владимирова Л.П.* Прогнозирование и планирование в условиях рынка: Учебное пособие. М.: Издательский дом «Дашков и К^0», 2001.
4. *Городничев П.Н., Городничева К.П.* Финансовое и инвестиционное прогнозирование: Учебное пособие / П.Н. Городничев, К.П. Городничева. –М.: Издательство «Экзамен», 2005. – 224 с. (Серия «Учебное пособие для вузов»).
5. *Дуброва Т.А.* Статистические методы прогнозирования: Учеб. пособие для вузов. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 206 с.
6. *Партыка Т.Л., Попов И.И.* Математические методы: Учебник. – М.: Форум:ИНФРА-М, 2005.
7. http://www.neuroproject.ru/forecasting_tutorial.php ГИАБ

Коротко об авторах

Кулянница А.Л. – профессор, доктор технических наук,
Соболева М.Ю. – аспирантка, кафедра АСУ,
Московский государственный горный университет.

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 14 симпозиума «Неделя горняка-2008».
Рецензент д-р техн. наук, проф. *В.С. Коваленко.*