

АКТИВНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ В ЦЕЛЕУСТРЕМЛЕННЫХ СИСТЕМАХ

Виноградов Г.П.

*(Тверской государственный технический университет,
Тверь)*

WGP272NG@mail.ru

Рассматриваются механизмы построения прогнозов в целеустремленных системах, обладающих свойствами активного поведения.

Ключевые слова: активное прогнозирование, интерактивная оптимизация, целеустремленные системы

Введение

Классический подход к проблеме построения моделей социально-экономических процессов и решения задач прогнозирования характеризуется тем, что:

априори предполагается, что для наблюдаемых параметров справедлива гипотеза нормального закона их распределения, хотя последние исследования показали, что это не так [1]. Это значит, что множество методов статистического анализа, в частности, такие способы диагностики как коэффициенты корреляции, t-статистики серьезно подрывают к себе доверие, поскольку могут давать ошибочные результаты;

не учитывается поведение людей, являющихся интеллектуальными элементами объектов прогнозирования [2];

предполагается, что поведение людей, занятых в процессе построения моделей и прогнозировании будущих значений в слабой степени влияет (или вообще не влияет) на их адекватность и практическую значимость будущих результатов.

1. Субъективные оценки и предпочтения в задачах прогнозирования

Пока внутренние связи и условия работы внутри организации, а также ее внешняя обстановка были достаточно стабильными, то принимаемые решения находились в русле привычных правил. Временные ряды отражали эти закономерности в правилах принятия решений и, как следствие, они содержали тенденции. По сути, в них отражался опыт принятия ЛПР “оперативных решений” в условиях “практически стационарной” внешней среды и внутренней обстановки. Будем называть оперативными такие решения, которые не предполагают коренных изменений внутри организации в виду отсутствия стимулов со стороны внешней обстановки.

Методы прогнозирования состояния внешней среды и параметров организации, применяемые в этих условиях, относятся к классу методов пассивного прогнозирования, так как его результаты в слабой степени или вообще не влияют на объект прогнозирования, то есть не предполагают серьезных изменений в деятельности организации, ее структуре, технологии и т.п.

Как только во внешней среде стала характерной ситуация неожиданных изменений, то потребовалось изменение принципов принятия решений, которые должны:

учитывать существующие и возможные угрозы в будущем для организации, трансформацию требований к ней со стороны внешней среды, новые открывающиеся возможности;

сформировать адаптивное функционирование организации к угрозам и открывающимся перспективам.

Временные ряды перестали быть индикатором состояния организации, так как они, по мнению ряда исследователей, перестали содержать закономерности в привычном понимании. Закономерностью или тенденцией становится ускорение изменений. В связи с этим возникла проблема неопределенности для ЛПР, связанная с отсутствием объективных оценок текущего состояния окружающей среды, последующих изменений ее состояний, результатов их влияния на организацию и т.п.

Проблема здесь не только в физическом отсутствии информации. Существуют базы данных с объемом хранимых данных более 30 000 миллиардов байт. Предсказывается появление баз данных, емкость которых измеряется петабайтами. Такой объем не только не возможно обработать, но и просто просмотреть ЛПР. Поэтому появилась тенденция к применению различных способов агрегирования информации с помощью аналитических центров, задача которых – извлечение из хранилищ данных существующих и потенциально полезных знаний. Для автоматизации такой обработки информации используется технология Data Mining. Ее методы призваны снизить влияние неопределенностей различного рода на процесс принятия решений. Однако возникает проблема интерпретации ЛПР результатов обработки информации, остается проблема невозможности точного учета последствий принимаемых решений, и, наконец, неточное понимание целей, средств их достижения, критериев их измерения со стороны ЛПР. Легко видеть, что хотя в этих случаях и применяются формальные методы, получаемые оценки содержат субъективные предпочтения экспертов, их видение ситуации и являются субъективными высказываниями.

Вследствие этих причин в формировании текущих оценок и прогнозирования будущих состояний, как среды, так и организации, все большую роль играет субъективный фактор, так как преодоление перечисленных видов неопределенности возможно на основе опыта ЛПР, его квалификации, привычек, которые выражаются в его субъективных оценках и предпочтениях.

Принимаемые на этой основе решения носят кардинальный характер, а само прогнозирование является активным.

Активным прогнозом назовем такой прогноз, в котором существенную роль играют субъективные оценки и предпочтения людей, принимающих участие в его формировании, и решения, принимающиеся на его основе, влияют на объект прогнозирования.

В этих условиях первостепенную роль приобретает проблема адекватности теоретических моделей прогнозирования поведения интеллектуальной организации. Эти модели должны

учитывать при решении задач прогнозирования влияние человеческого фактора в двух формах:

эксперт при формировании своих представлений об объекте прогнозирования должен учитывать роль человека в функционировании объекта;

ЛПР при оценке адекватности предложений экспертов и адекватности их представлений об объекте мотивы, цели, позицию эксперта, то есть роль эксперта-человека и влияние особенностей его поведения как активного агента на процесс выработки им представлений – моделей объекта прогнозирования.

Таким образом, задачи практики и логика развития теории прогнозирования порождают новый класс задач активного прогнозирования, который предполагает решение двух проблем:

построение процедур активной экспертизы с целью получения либо согласованного варианта прогноза, либо несколько альтернативных вариантов с примерно одинаковым уровнем аргументации;

разработку методологии (технологии) применения комплекса научных методов, программных средств в сочетании с опытом, знанием, квалификацией и интуицией эксперта, ЛПР для получения модели адекватно описывающей реальный процесс с их точки зрения (или с точки зрения группы экспертов).

2. Схема построения модели комбинированного прогнозирования и постановка задачи прогнозирования

Пусть существует динамическая система вида:

$$x(t + \tau) = f^{\tau}(x(t)), \quad x \in P, \quad \dim P = n,$$

где τ – временной шаг.

Пусть в дискретные моменты времени с шагом $\Delta t = \text{const}$ регистрируется временной ряд из N чисел $x_1, x_2, \dots, x_N$. Каждая точка этого ряда является скалярной функцией вектора состояния динамической системы, то есть

$$x_i = h(x(t_i)), \quad t_i = t_0 + (i - 1)\Delta.$$

Требуется по данным временного ряда $x_1, x_2, \dots, x_N$ восстановить или реконструировать траекторию динамической системы.

Возможность такой реконструкции устанавливают теоремы Уитни и Такенса [3], согласно которой для m -мерных векторов $z(t) = h(x(t)), h(x(t+\tau)), h(x(t+2\tau)), \dots, h(x(t+(m-1)\tau))$ должна существовать функция F , содержащая в себе проектор на многообразие размерности меньше m :

$$x_i = F(P_n(x_{i-1}, \dots, x_{i-m}))$$

Поскольку определить вид функции F в общем случае не возможно, то, используя предположение о квазистационарности, можно считать, что исследуемый объект может находиться в одном из K состояний и в каждом состоянии объект можно описать моделью, использующую, например, локальную аппроксимацию вида

$$F(z) = F(z_0) + A_1(\Delta z) + A_2(\Delta z, \Delta z), \quad \Delta z = z - z_0,$$

где A_1 и A_2 – полиномы первой и второй степени соответственно от Δz .

В реальных условиях эксперт при прогнозировании тенденции процесса всегда строит представление о влиянии на прогнозируемый показатель некоторого набора независимых факторов.

Пусть $x \in R^m$ – вектор независимых переменных, $y \in R^n$ – зависимая переменная, $y = \Phi(x)$ – неизвестная зависимость. Требуется высказать наиболее правдоподобное (в определенном ниже смысле) предположение о возможном значении $y^* = \Phi(x^*)$ переменной y при заданном значении x^* переменной x , используя при этом:

семейство частных моделей построенных на основе статистической информации (x_j, y_j) ,

$$(1) \quad y = \varphi^i(\alpha^i; x) \quad (i = \overline{1, N}),$$

где φ_i , α_i – вещественная функция и вектор оценок параметров i – й модели, определенные на этапе идентификации; x_j , y_j – результаты измерений переменных x , y на периоде времени t ;

семейство экспертных высказываний

$$(2) \quad x = x^* \Rightarrow y \in (a_k, b_k] \quad (k = \overline{1, K}),$$

где a_k, b_k – заданные k -м экспертом действительные числа, такие, что $(a_k, b_k]$ – попарно различные интервалы.

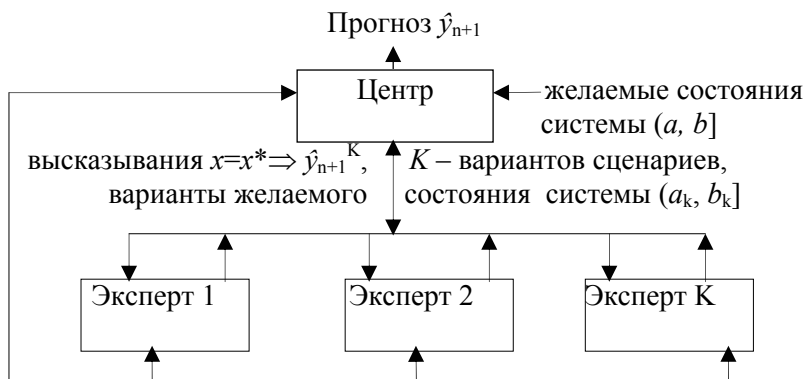
Задача ЛПР состоит в том, чтобы на основе информации типа (1–2) сформировать комбинированный прогноз. В этой ситуации он сталкивается с различными типами неопределенностей, описанными в [4], которые предполагают использование для получения необходимой информации процедуры экспертизы, и как следствие необходимости учета активного характера поведения экспертов [2].

При сопоставлении и анализе экспертных мнений ЛПР для оценки степени их объективности (адекватности ситуации или проблеме), как правило, учитывает аргументацию экспертов. Для этого ЛПР стремится создать неманипулируемый механизм экспертизы, при котором эксперты стремятся к выработке наиболее обоснованного варианта решения. Концепцию такой экспертизы предлагается строить на базе итерационных схем информационного управления [5] и принципов коллективной многовариантной экспертизы [6].

Приведенные выше рассуждения с учетом введенных обозначений предполагают двухуровневую структуру системы выработки прогнозов, основывающихся на интеграции методов активной экспертизы и любого формального метода (рис. 1).

Центр формирует задание на прогнозирование и предлагает плату за прогноз. Каждый k -й эксперт готовит свой вариант прогноза, сценарий развития и модель прогнозируемого процесса и формулирует требования к вознаграждению за проделанную работу.

Центр формулирует правила и проводит конкурс на отбор лучших предложений по заданию. После чего центр заключает соглашения с выбранными экспертами для формирования обобщенного прогноза.



Статистическая информация $\{x_i, y_i\}, i=1, 2, \dots, n$

Рис. 1. Двухуровневая схема построения комбинированного прогноза

После выполнения процедур согласования точек зрения экспертов центр формирует свой собственный сценарий развития прогнозируемого процесса с учетом имеющейся у него дополнительной информации и вырабатывает решения по достижению желаемых состояний для системы в целом.

После реализации принятых решений определяются фактические значения состояния системы, а также фонд вознаграждения экспертов и выполняется его распределение.

Пусть стратегией i -го эксперта является сообщение ЛПР некоторой информации $s_i \in S_i, i \in N = \{1, 2, \dots, n\}$, где N – множество экспертов. ЛПР на основе сообщенной ему информации принимает решение – формирует план действий $x_i = \pi_i(s) \in X_i \subseteq R^1$, где $\pi : S \rightarrow X$ – процедура (механизм) планирования, используя вектор сообщений всех экспертов вида

$$\pi_i : s \rightarrow X_i, i \in N, s = (s_1, s_2, \dots, s_n) \in S = \prod_{i \in N} S_i$$

Центр сообщает экспертам вектор

$$x = (x_1, x_2, \dots, x_n) \in X = \prod_{i \in N} X_i,$$

который формируется на основе сценариев, предложенных экспертами.

Функция предпочтения эксперта (целевая функция), отражающая интересы эксперта в задачах планирования: $f_i(x_i, r_i): X \times \mathcal{R}^1 \rightarrow \mathcal{R}^1$ зависит от назначенного ему плана и параметра r_i – субъективного мнения i -го эксперта, то есть его истинное представление об оцениваемом процессе (его точка зрения – позиция по рассматриваемой проблеме). Параметр r_i является функцией от располагаемой экспертом информации I_i и его способности находить адекватные решения z_i .

Будем предполагать выполнение гипотезы рационального поведения эксперта, то есть он предполагает, что сообщаемая им информация s_i позволит ЛПР принять наиболее эффективное решение x_i . Таким образом, функция $f(\cdot)$ является строго непрерывной, имеет один максимум в точке r_i . Это справедливо для всех $i \in N$.

Если параметр z_i можно считать практически постоянной величиной, то дополнительная информация dI_i способна изменить точку зрения r_i (или не изменить, если эксперт посчитает ее противоречащей его системе взглядов и неубедительной).

На момент принятия решения общим для экспертов являются: процедуры выбора действий ЛПР на основе информации, сообщаемой экспертами, их целевые функции, объем располагаемых знаний $r_i: (r_1, r_2, \dots, r_n) \in \mathcal{R}^1$, информации $I_i: I = (I_1, I_2, \dots, I_n)$. В свою очередь ЛПР известен вид целевых функций экспертов, например, что они унимодальны, но конкретные зависимости неизвестны. Кроме того, он может делать предположения о множествах $\{s_i\}_{i \in N}$ возможных сообщений экспертов, но ему неизвестна их истинная точка зрения.

В соответствии с описанной выше схемой экспертизы ЛПР выбирает процедуру планирования

$$\pi(s) = (\pi_1(s), \pi_2(s), \dots, \pi_n(s))$$

и сообщает ее экспертам. Эксперты при известной процедуре планирования одновременно и независимо сообщают ЛПР информацию $\{s_i\}_{i \in N}$, на основе которой ЛПР формирует свой

вариант прогноза. ЛПР анализирует полученную информацию и выступает оппонентом для каждого i -го эксперта, сообщая ему dl_i . Эта процедура заканчивается тогда, когда последовательность s_i^k , где k – номер итерации не будет сходиться к некоторой величине a_i , в общем случае $a_i \neq r_i(I_i, z_i)$.

Поскольку принимаемое решение ЛПР зависит от сообщаемой экспертами информации, то они могут воспользоваться этим для получения выгодного для них решения.

Будем считать, что эксперты ведут себя некооперативно, выбирая доминантные или равновесные по Нэшу стратегии. Пусть s^* – вектор равновесных по Нэшу стратегий эксперта, тогда

$$\forall i \in N, \forall s_i \in S \quad f_i(\pi_i(s_{-i}^*, s_i^*), r_i) \geq f_i(\pi_i(s_{-i}^*, s_i), r_i)$$

Очевидно, что тогда точка равновесия в общем случае зависит от векторов точек зрения всех экспертов:

$$s^* = s^*(r) = (s_1^*(r), s_2^*(r), \dots, s_n^*(r)).$$

За счет мотивационного управления, а также информационного управления можно добиться того, что множества r_i , $i \in N$ будут расширяющимися, то есть и множества $\{s_i = s_i(I_i, z_i)\}_{i \in N}$ также будут расширяющимися. Это при условии выбора экспертами равновесных по Нэшу стратегий обеспечит получение ЛПР наиболее объективных оценок рассматриваемой проблемы от экспертов.

Этот подход отличается от известных моделей [10], где множества $\{s_i\}_{i \in N}$ рассматриваются как ограниченные. Это не позволяет управлять эффективностью прямого (неманипулируемого) механизма активной экспертизы.

Относительно $\pi(\cdot)$ будем предполагать, что эта функция непрерывна и монотонна по всем переменным, то есть

$$\frac{\partial \pi(\circ)}{\partial s_i} \geq 0, \quad i \in N.$$

3. Построение комбинированного прогноза ЛПР по оценкам экспертов

Как обычно [7-9], в качестве комбинированного прогноза примем образ линейной свертки функций φ^i моделей (1):

$$(3) \quad \varphi(\beta, x) = \sum_{i=1}^N \beta^i \varphi^i(\alpha^i, x)$$

при $x=x^*$, где $\beta=(\beta^1, \beta^2, \dots, \beta^N)$ – вектор подлежащих определению коэффициентов.

Введем следующие обозначения:

$$\hat{y}_j^i = \varphi^i(\alpha^i x_j) \quad (i = \overline{1, N}, j = \overline{1, n}), \quad \hat{y}_{n+1}^i = \varphi^i(\alpha^i, x^*) \quad (i = \overline{1, N}),$$

$$(a, b] = \bigcap_{k=1}^k (a_k, b_k]$$

Результаты, представляемые экспертами, в значительной степени будут отражать структуру внешней среды, в которой результаты прогноза и реализуются. Следуя Поспелову [11] все внешние среды разделим на три большие класса – замкнутые, открытые и трансформируемые.

В этой связи в процессе выполнения экспертиз возможны следующие четыре ситуации.

Ситуация первая. Рассмотрим случай, когда экспертные высказывания взаимно не противоречивы и в совокупности согласованы с некоторыми из частных прогнозов, то есть выполняются условия:

$$(4) \quad \begin{aligned} &(a, b] \neq 0 \\ &(a, b] \cap \{ \hat{y}_{n+1}^1, \dots, \hat{y}_{n+1}^N \} \neq 0 \end{aligned}$$

Тогда коэффициенты β^i находим из требования минимизации суммы квадратов отклонений фактических от рассчитанных по свертке (3) значений зависимой переменной на периоде основания прогноза:

$$(5) \quad J(\beta) = \sum_{j=1}^n q_j (y_j - \varphi(\beta, x_j))^2 \rightarrow \min$$

Здесь q_j , ($\sum_{j=1}^n q_j = 1$, $q_j \geq 0$) могут быть, например, характеристиками, найденными при построении моделей частных прогнозов k -м экспертом $k \in K$, являющимся наиболее компетентным. Можно принять также $q_j = 1/\sum_k w_{kj}$ или равной средней наиболее компетентной группы экспертов.

На целевую функцию (3) наложим условия согласованности комбинированного прогноза с экспертными высказываниями:

$$(6) \quad a + \delta \leq \sum_{i=1}^N \beta^i \hat{y}_{n+1}^i \leq b$$

и нормировки

$$(7) \quad \sum_{i=1}^N \beta^i = 1, \quad \beta^i > 0 \quad (i = \overline{1, N})$$

Здесь δ – малое положительное число, введенное для получения двухсторонних нестрогих ограничений (6) при полуоткрытом интервале $(a, b]$.

Необходимость минимизации суммы квадратов отклонений на периоде обоснования прогноза вызвана тем, что свертка (3) должна не просто удовлетворять экспертным высказываниям о будущем развитии процесса, но и хорошо объяснять его предысторию (идея построения линейной свертки частных аппроксимирующих функций методом наименьших квадратов без учета экспертной информации предложена в [9]).

Вторая ситуация. Экспертные высказывания взаимно противоречивы, однако некоторые из них (но не все в совокупности) согласованы с отдельными частными прогнозами, то есть выполняются условия

$$(a, b] \neq \emptyset$$

$$\bigcup_{k=1}^K (a_k, b_k] \cap \{\hat{y}_{n+1}^1, \dots, \hat{y}_{n+1}^N\} \neq \emptyset$$

В этом случае целесообразно потребовать, чтобы комбинированный прогноз $\hat{y}_{n+1}^N$ обеспечивал максимально возможную

согласованность высказанных экспертами мнений. Мерой такой согласованности является сумма расстояний ρ между точкой $\hat{y}_{n+1}^N$ и каждым из интервалов $(a_k, b_k]$:

$$\sum_{k=1}^K \rho^2((a_k, b_k], \hat{y}_{n+1}),$$

где

$$\rho((a_k, b_k], \hat{y}_{n+1}) = \begin{cases} a_k - \hat{y}_{n+1} & \text{при } \hat{y}_{n+1} \leq a \\ 0 & \text{при } a \leq \hat{y}_{n+1} \leq b \\ \hat{y}_{n+1} - b_k & \text{при } \hat{y}_{n+1} > b \end{cases}$$

Тогда задача отыскания коэффициентов β^i в линейной свертке (3) может быть сведена к следующей задаче

$$(8) \quad J(\beta) = (1 - \gamma) \sum_{k=1}^K \rho^2((a_k, b_k], \hat{y}_{n+1}) + \\ + \gamma \sum_{j=1}^n q_j (y_j - \varphi(\beta, x_j))^2 \rightarrow \min$$

с ограничениями (7), а также с ограничениями, которые учитывают результаты по частным прогнозам, выполненным k -м экспертом

$$(9) \quad a_k + \delta - c_k \leq \sum_{i=1}^N \beta^i \hat{y}_{n+1}^i \leq b_k + d_k, \quad k = \overline{1, K},$$

где δ имеет тот же смысл, что и выше, γ – коэффициент со свойством $\gamma \in [0, 1]$, c_k и d_k – неотрицательные действительные числа, определяемые соотношениями

$$(10) \quad c_k = \begin{cases} a_k - \hat{y}_{n+1} & \text{при } a_k > \hat{y}_{n+1} \\ 0 & \text{в противном случае} \end{cases} \\ d_k = \begin{cases} \hat{y}_{n+1} - b_k & \text{при } \hat{y}_{n+1} > b_k \\ 0 & \text{в противном случае} \end{cases}$$

$$k = \overline{1, K}; \quad c_k \geq 0; \quad d_k \geq 0$$

Первое слагаемое в (8) позволяет определить такое $\hat{y}_{n+1}^*$, чтобы минимизировалась сумма квадратов расстояний от этой точки до границ интервалов $(a_k, b_k]$. Второе слагаемое обеспечивает максимально возможное согласование свертки (3) с статистической информацией. С помощью коэффициента γ регулируется вклад статистической и экспертной информации в результат прогноза.

Третья ситуация. Экспертные высказывания взаимно противоречивы и некоторые из них (но не все в совокупности) согласованы с отдельными частными прогнозами, то есть выполняются условия

$$(a, b] \neq 0$$

$$(11) \quad \bigcup_{k=1}^K (a_k, b_k] \cap \{\hat{y}_{n+1}^1, \dots, \hat{y}_{n+1}^N\} \neq 0$$

и условие

$$(a, b] \cap \{\hat{y}_{n+1}^1, \dots, \hat{y}_{n+1}^N\} \neq 0$$

Здесь также возможны две ситуации. Первая состоит в том, что существуют такие $i, j \in 1, 2, \dots, N$, что

$$\{\hat{y}_{n+1}^i, \hat{y}_{n+1}^j\} \in \bigcup_{k=1}^K (a_k, b_k], \quad \hat{y}_{n+1}^i \leq a, \quad \hat{y}_{n+1}^j > b,$$

тогда задача построения линейной свертки (3) может быть решена, как показано в случае 1. Условие (11) делает ограничения (6-7) совместными. Если ограничения (6-7) несовместны, то можно воспользоваться одним из следующих способов. При достаточно высокой степени согласованности экспертных высказываний противоречие между частными прогнозами должно быть разрешено путем корректировки последних за счет поиска более подходящих аппроксимаций при условии выполнения известных требований статистической адекватности. Критерием для определения таких вариантов может служить либо мощность разности между объединением и пересечением интервалов

$(a_k, b_k]$, $k=1, 2, \dots, K$, либо значение коэффициента конкордации W , как в классических методах экспертных оценок.

Если же экспертные высказывания недостаточно согласованы, свертка (3) может быть построена путем решения задачи (8) с ограничениями (7), (9-10). При этом, чем выше такая несогласованность, тем большие значения следует придавать коэффициенту γ в целевой функции (8). В этом случае для любого $\gamma > 0$ комбинированный прогноз $\hat{y}_{n+1}$ может и не будет входить в интервал $(a, b]$.

Четвертый случай. Экспертные высказывания не согласованы с частными прогнозами, то есть условие (11) не выполняется.

В этом случае надо оценить степень согласованности экспертных высказываний и степень разброса частных прогнозов относительно среднего значения. В зависимости от этих оценок необходимо либо корректировать интервалы $(a_k, b_k]$, $k=1, 2, \dots, K$, либо искать альтернативные частные аппроксимации, либо решать задачу (8), с ограничениями (7), (9-10).

4. Построение частных моделей в задаче в задаче комбинированного прогнозирования

При решении задачи построения частных моделей (1) для показателей, необходимо учитывать следующие их особенности [12]:

анализируемый экономический показатель Y испытывает на себе влияние множества факторов $X = \{x_i, i=1, 2, \dots, n\}$, которое состоит из двух подмножеств: $X = \{X^U\} \cup \{X^T\}$, где $\{X^U\}$ — подмножество управляющих входных факторов и $\{X^T\}$ — подмножество контролируемых и неконтролируемых воздействий внешней среды;

часть этих факторов имеет монотонный характер изменения и вызывает такое же монотонное изменение анализируемого показателя;

существует часть входных факторов изменяющихся скачкообразно, что вызывает резкое изменение производной Y ;

важной особенностью временных рядов экономических показателей является то, что «вклад» в тенденцию $Y(t_{i-p})$ с ростом p уменьшается. Это позволяет утверждать, что временной ряд практически любого экономического показателя является объектом с конечной памятью S^p . Очевидно, что величина p будет определять объем выборки, принимаемой во внимание при расчете параметров модели. В зависимости от шага дискретизации временной ряд задается таблицей вида $D^n = \{y(t_i), i=1, 2, \dots, n\}$, где n — находящийся в распоряжении объем выборки. Но для построения оптимальной модели тренда экономического показателя как динамической системы S^p , необходимо иметь фиксированные значения $Y=Y(t)$, где $t \in [t_{n-m}, t_n]$, $m>0$ и $m \leq n$, заранее неизвестны и характеризуют «память» динамической системы. Очевидно, что $y(t_n)$ — это последнее значение временного ряда. Если $m>n$, то, очевидно, данных недостаточно для построения модели тренда. Наиболее целесообразно величину m определять интерактивным путем;

наличие данных, резко отличающихся от трендовых значений («выбросов»). Выявление внешних факторов, вызывающих «выброс» позволяет построить сценарий при ответе на вопрос «что будет, если...».

В таких ситуациях повышение точности прогноза дает сочетание опыта и знаний пользователя и возможностей статистических методов, реализованных в соответствующих программных продуктах по следующей схеме (рис. 2).

Предлагаемая схема основывается на предположении, что для экономических показателей можно предложить множество вариантов аппроксимации закона распределения, удовлетворяющих статистическим правилам проверки их адекватности. Выбор конкретного варианта будет определяться, очевидно, знанием причинно-следственных связей между входными факторами и анализируемым показателем, которое имеется на качественном уровне у опытного пользователя.

То есть каждый опытный эксперт на качественном вербальном уровне выносит свое суждение $\{s_i\}_{i \in N}$ на основе модели состояния системы, которая описывает не только связи между

параметрами, но и учитывает направление воздействия факторов и степень их влияния друг на друга на данный текущий момент времени. Это и позволяет предложить процедуры варьирования параметров математических методов прогнозирования в соответствии с представлениями экспертов.

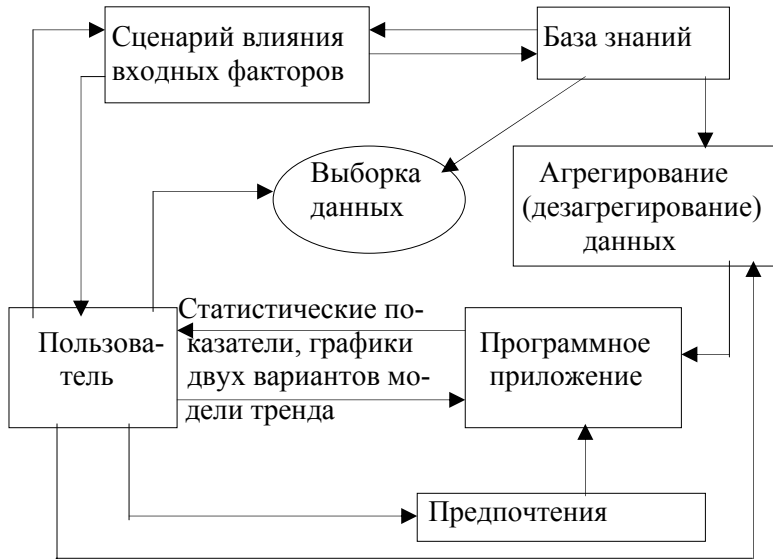


Рис. 2. Схема взаимодействия пользователя и программного продукта при интерактивном прогнозировании.

Алгоритм построения модели прогнозирования по приведенной схеме (рис. 2) описан в [12].

5. Построение сценария влияния входных факторов на основе знаний эксперта

При построении модели прогнозируемого процесса эксперту необходимо анализировать большие объемы информации с помощью информационных технологий, например, с помощью технологии Data Mining по следующему алгоритму:

извлечь данные;

очистить данные, так как применение для анализа “грязных” данных может полностью свести на нет применяемые в дальнейшем механизмы анализа;

трансформировать данные, поскольку различные методы анализа требуют данных, подготовленных в различном виде, например, использование методов нечеткой логики предполагает введение лингвистических переменных и т.п.;

провести собственно анализ Data mining;

интерпретировать полученные результаты.

Этот процесс повторяется итеративно. Результатом будет процесс автоматизации извлечения знаний. Интерпретация результатов этой обработки возлагается на эксперта. Именно он должен эти знания перевести в правила типа “Если ... – то ...”. Результатом интерпретации оценочная должна быть иерархия критериев, полученная путем декомпозиции цели, сформулированной в самом общем виде и множеством, сгенерированных экспертом решений – альтернатив (альтернативы сравниваются между собой по листовым критериям оценочной иерархии, что позволяет получить их обобщенную оценку и выбрать лучшую альтернативу). Эта схема иерархии критериев дополняется моделью динамики развития ситуации, построенной на основе знаний эксперта о процессах протекающих в динамической ситуации.

Модель динамики ситуации предлагается строить на основе когнитивных карт, описывающих ситуацию множеством факторов, связанных причинно-следственными отношениями, и позволяющую получать прогнозы развития ситуаций, а также решить задачу генерации решений для перевода ситуации из начального в целевое состояние. Такая схема представления знаний эксперта для оценки поведения системы была предложена Кулиничем [13], согласно которой строится когнитивная карта ситуации, факторы которой связываются с близкими по смыслу листовыми критериями. Тогда, эксперт генерирует альтернативы, а результаты их применения, получаемые с помощью когнитивной модели, автоматически передаются для вычисления оценок. Число альтернатив управления динамиче-

ской ситуацией в этом случае неограниченно, а добавление новой альтернативы не приводит к необходимости дополнительной экспертной работы.

Описанная методика была применена для прогноза рядов динамики функционирования рынка услуг г. Твери. Интерактивная модель дала более точный прогноз по сравнению с традиционными методами. Это произошло вследствие более точного учета ситуации на рынке с помощью знаний и опыта эксперта.

Литература

1. Петерс С. Хаос и порядок на рынке капитала. М.: Мир, 2000. – 333с.
2. Бурков В.Н., Новиков Д.А. Введение в теорию активных систем. М.: ИПУ РАН, 1996. – 125с.
3. Хакен Г. Синергетика. М.: Мир, 1980.
4. Моисеев Н.Н. Предисловие к книге Орловского С.А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации. М.: Наука, 1981.
5. Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г. Активный прогноз. М.: ИПУ РАН, 2002.
6. Дорофеюк А.А. Модели мультигрупповой многовариантной экспертизы в задачах анализа и совершенствования организационных систем. Труды ИПУ РАН. Т. X, М.: ИПУ РАН, 2000, с. 12-18.
7. Фаерман Е.Ю. Согласование прогнозов иерархически организованных объектов // Экономика и математические методы. 1986, т. XXII, Вып. 5, с. 838-849.
8. Емельянов А.С. Эконометрика и прогнозирование. М.: Экономика, 1985.
9. Головченко В.Б., Носков С.И. Оценивание параметров эконометрической модели по статистической и экспертной информации.// АиТ, 1991, №4, с. 123-132.
10. Бурков В.Н., Новиков Д.А. Как управлять организациями. М.: Синтег, 2004. – 400с.

11. Поспелов Д.А. От коллектива автоматов к мультиагентным системам.// Труды международного семинара “Распределенный интеллект и многоагентные системы” (DIAMAS’97 Санкт-Петербург, Россия, 15-18 июля 1997). – 319-325.
12. Виноградов Г.П. Построение моделей прогнозирования экономических показателей по статистической и экспертной информации. // Системы управления и информационные технологии. 2006, №4 (26), с. 75-80.
13. Кулинич А.А. Методология когнитивного моделирования сложных плохо определенных ситуаций. М., ИПУ РАН, Труды второй международной конференции по проблемам управления. Июль 2003 г. с. 219-227.