

Авдеева З.К., Коврига С.В.

Прогнозирование целевых показателей в нестационарных процессах, движимое когнитивным моделированием ситуаций

Аннотация: В работе представлен подход к прогнозированию целевых показателей в нестационарных процессах, направленный на повышение ценности прогноза за счет построения и корректировки конкурирующих моделей на основе временных рядов в режимах цифрового мониторинга и ситуационного мониторинга. В режиме мониторинга ситуации корректирующие сигналы, отражающие значимые изменения внешней среды, формируются в результате когнитивного моделирования ситуации с использованием информации из разнородных источников.

Ключевые слова: нестационарные процессы, прогнозирование, временные ряды, мониторинг, когнитивное моделирование ситуаций

В настоящее время наблюдается бурный рост технологических и информационно-аналитических инструментов в области интеллектуального анализа данных для решения практических задач анализа и прогнозирования в различных сферах жизни общества (будь то экономическое и социально-политическое прогнозирование, прогнозирование товарных рынков, финансовое прогнозирование, прогнозирование изменений окружающей среды и др.). Накопление больших исторических данных способствует росту предложений по моделям и методам анализа и прогнозирования временных рядов. Являясь востребованным прогностическим инструментом работы с большими массивами данных, отражающих закономерности поведения исследуемых процессов, они используются для формирования прогнозов целевых показателей на различных временных горизонтах для принятия решений.

Однако, возможностей этих моделей и методов недостаточно для прогнозирования развития ситуации в условиях

непредсказуемости поведения исследуемого процесса, например, в случаях (1) резкого перехода из одного состояния в другое, обусловленного событием, которое вызывает резкое изменение значений процесса; (2) нарушения или слабой выраженности сезонности в процессах при переходе от стабильного состояния к кризисному.

Таким образом, в ситуациях, характеризующихся высоким уровнем нестабильности и неопределенности, повышение ценности прогнозов невозможно без учета суждений ЛПР и экспертов, несмотря на растущее присутствие аналитики данных и других систем поддержки прогнозирования, основанных на статистических и математических моделях. Такая практика совместного прогнозирования (с привлечением оценочных экспертных суждений и количественных данных) широко признается специалистами, когда имеется достаточно данных для построения количественной модели для выявления регулярных компонентов (закономерностей) временного ряда, но недостаточно для прогнозирования нерегулярной компоненты и, более того, компонент, связанных с последствиями непредвиденных событий [1-3]. При этом в этой области можно выделить несколько общих подходов к прогнозированию [2,3]: подход 1 – априорное включение оценочных суждений в процедуру прогнозирования на этапе выбора и построения прогнозных моделей; подход 2 (комплексный) – одновременное включение, когда объединяются чисто статистические прогнозы и оценочные прогнозы для формирования окончательного прогноза; подход 3 – апостериорное включение оценочной корректировки статистически полученного прогноза, когда эксперты проверяют прогноз, а затем корректируют его на основе своих знаний и опыта.

Принимая во внимание необходимость включения экспертной оценки при формировании количественных прогнозов, Дж. Армстронг в работе [1] систематизировал ряд обобщений для повышения точности статистических прогнозов. В частности, он обосновал необходимость включения предметных знаний в формирование прогноза, структурирование знаний, использование причинно-следственных моделей для выявления факторов, влияющих на прогнозируемый процесс.

Следуя современным направлениям прогнозирования на основе оценочных суждений и статистических методов в трудно

предсказуемых ситуациях, мы развиваем подход к прогнозированию целевых показателей в нестационарных процессах, движимого когнитивным моделированием ситуаций. Данный подход ориентирован на учет информации, отраженной во временных рядах, и информации о возможных вариантах развития ситуации на основе выявления и обработки экспертных знаний и гипотез, разнородных источников информации посредством построения, анализа и моделирования на когнитивной карте ситуации (ККС) – формализованной модели причинно-следственных связей между значимыми системообразующими факторами ситуации. Когнитивное моделирование используется в качестве инструмента поддержки принятия решений на разных этапах прогнозирования за счет:

– структурирования предметной области и выявления значимых системообразующих факторов и процессов влияния на прогнозируемый процесс – на этапе построения прогнозных моделей (в соответствии с подходом 1). Особенностью ККС, позволяющей использовать ее на этом этапе, является то, что ККС – это средство вербализации и передачи ментальных моделей ЛПР, экспертов, прогнозистов, участвующих в процессе прогнозирования. Таким образом, ККС делает отдельные взгляды явными и проверяемыми. Это не только улучшает индивидуальное восприятие ситуации участниками прогнозирования, но также может способствовать общему пониманию ситуации при принятии решений. Кроме того, ККС может быть результатом комбинации экспертных суждений с информацией о факторах и взаимосвязях, выявленных методами поиска и анализа данных в открытом гетерогенном информационном пространстве [4]. Такая интеграция помогает повысить объективность и правдоподобность модели целостного представления ситуации;

– управления процессом получения сигналов из внешней среды (ситуационный мониторинг) об экспертно значимых (реальных или еще не произошедших) событиях (инфопотоках), которые могут повлиять на прогнозируемый процесс и связанные с ним процессы. Данную информацию можно использовать для корректировки прогнозов с обоснованием выбора количественных прогнозных моделей (в соответствии с подходом 3).

В рамках развиваемого подхода, процесс прогнозирования включает (рисунок 1):

- построение и корректировку ККС, основанной на сочетании экспертных суждений и информации из разнородных источников;
- определение параметров информационного поиска – потенциальных сигналов изменения причин воздействия на целевой показатель;
- построение и корректировку прогнозных моделей, и формирование прогнозов целевого показателя;
- цифровой мониторинг значений целевого показателя и влияющих на него количественных факторов;
- ситуационный мониторинг качественных изменений внешней среды и анализ их значимости на ККС.

Включение когнитивного моделирования в процесс прогнозирования обеспечивает глубокое понимание ситуации не только с целью систематизации экспертных знаний, но и организации направленного поиска и отбора наборов данных при мониторинге, где ККС представляет собой семантическую модель для наблюдения важных факторов, событий и тем в разнородных источниках информации. Такое включение когнитивного моделирования ситуации в типовую процедуру добычи данных обеспечивает соединение глубокого поиска в традициях интеллектуального анализа данных с глубоким пониманием на основе семантического распознавания под воздействием ККС – экспертной модели представления ситуации. Построение ККС предваряется определением общей направленности (целей) поиска информации и формированием укрупненной концептуальной модели предметной области. Такая концептуальная модель предназначена для определения границ «захвата» знаний по ситуации в модельном представлении в виде ККС [4].



Рисунок 1 – Общая схема прогнозирования

В рамках предложенного подхода реализуется принцип организации мониторинга в виде двухрежимного процесса: цифрового мониторинга и ситуационного мониторинга. Цифровой мониторинг отслеживает изменения во временных рядах, генерируя сигналы о наличии и идентифицируя тип изменений в целевом показателе и связанных с ним показателях. Актуализация таких сигналов на интервале прогнозирования свидетельствует об изменении структуры прогноза и/или формирующих его моделей. Для обнаружения этих сигналов в данных временных рядов используются методы последовательного анализа для выявления наличия причинно-следственной связи Грейнджера и коинтеграции, изменения волатильности; метод текущего обнаружения разладок при наличии структурных изменений в процессе [5]. Ситуационный

мониторинг предназначен для выявления информации о последствиях изменений внешней среды, которые отсутствуют в данных временных рядов в текущий момент (цифровой мониторинг может обнаружить эти изменения с запаздыванием). В результате мониторинга ситуации генерируются сигналы от динамического анализа и моделирования на ККС как оценки значимости изменений в системообразующих факторах (связанных с реальными или еще не произошедшими экспертно значимыми событиями во внешней среде) для изменения значений целевого показателя. Данный режим мониторинга направлен не только на выявление экспертно значимых событий во внешней среде (инфоповодов) и связанных с ними системообразующих факторов ситуации, отраженных в ККС, но и на формирование сценариев развития ситуации, к которым эти события могут привести. Таким образом, обоснованием выбора инфоповода для активации процедуры коррекции прогнозных моделей служат результаты структурного анализа и моделирования на ККС как оценки последствий от инфоповода на прогнозируемый процесс [6]. Такая оценка формируется на базе разработанных критериев, которые позволяют ранжировать системообразующие факторы ККС, связанные с инфоповодом, по (1) их значимости во влиянии на прогнозируемый целевой показатель и (2) по степени активности их проявления в инфоповоде.

Работоспособность представленного подхода проверена в рамках пилотного проекта по разработке системы стратегии закупок для трубопрокатного завода на задаче формирования закупочных цен на металлолом на вторичном рынке сырья [7]. Его применение позволило повысить точность прогноза. Средняя ошибка прогноза для модели без коррекции – 7%, максимальная – 23%; с коррекцией (на основе рекомендаций ККС) соответственно 5% и 15%.

Работа выполнена в рамках темы: «Фундаментальные исследования по направлению «Модели, методы анализа и синтеза структуры и сценариев развития социально-экономических и технических систем управления, повышения их управляемости и безопасности функционирования в условиях неопределенности, структурных возмущений и чрезвычайных ситуаций» № 0052-2019-0011

Литература:

1. *Armstrong J.S.* The forecasting canon: nine generalizations to improve forecast accuracy // *International Journal of Applied Forecasting*. – 2005. – V.1. – P. 29-35.
2. *Cheikhrouhou N.* and other. A collaborative demand forecasting process with event-based fuzzy judgements // *Computers & Industrial Engineering*. – 2011. – Volume 61. Issue 2. – P. 409-421.
3. *Perera H.N.* and other. The human factor in supply chain forecasting: A systematic review // *European Journal of Operational Research*. – 2019. – V. 274(2). – P. 574-600.
4. *Avdeeva, Z.K., Kovriga, S.V.* Distributed environment of decision support centers: an interest representation model of virtual collaboration and technological basic // *Procedia Computer Science*. – 2020. – V. 176. – P. 3761-3770.
5. *Grebenyuk E.A.* Monitoring and identification of structural shifts in processes with a unit root / 13th International Conference "Management of large-scale system development" (MLSD) (28-30 Sept. 2020 Moscow). – URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9247829>. (дата обращения 10.10.2021).
6. *Avdeeva Z., Kovriga S., Makarenko D.* On the statement of a system development control problem with use of swot-analysis on the cognitive model of a situation // *IFAC PapersOnLine*. – 2016. – V. 49 (12). – P. 1838-1843.
7. *Avdeeva Z.K., Grebenyuk E.A., Kovriga S.V.* Forecasting of key indicators of the manufacturing system in changing external environment. *IFAC PapersOnLine*. – 2020. – V. 53 (2). – P. 10720-10725.

Байрамов О.Б.

Методика выбора группы заемщиков в микрофинансировании

Аннотация: Процесс микрофинансирования рассматривается как динамическая задача дискретной оптимизации. Выделяется кредитный скоринг как важный этап процесса. Для небольшого МФО предлагается способ выделения потенциальных заемщиков.