

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ПРЕДВЕСТНИКОВ ОТКАЗА

ANALYSIS OF APPLICATION OF STABILITY INDICATORS IN THE DEVELOPMENT OF AN EXPERT SYSTEM FOR DETECTING FAILURE PRECURSORS

M. Tikhonov
R. Tikhonov

Summary. This article discusses and analyzes stability indicators and the possibility of their application in expert systems for detecting failure precursors. The indicators are based on generally accepted and widely described economic indicators and are focused on application in various organizations and activities. The indicators are divided into three groups depending on the method of obtaining their values, namely by: comparing the values of generally accepted economic indicators; comparing the rate of change of generally accepted economic indicators (their first derivatives); comparing the acceleration of change in generally accepted economic indicators (their second derivatives). The possibility of processing these indicators using conventional fuzzy inference models is analyzed.

Keywords: stability indicators, expert system, artificial intelligence, automated control system, failure precursors.

Тихонов Мартин Робертович

*К.т.н., доцент института СПИНТех, Национальный
исследовательский университет «МИЭТ»
kurotenshi91@yandex.ru*

Тихонов Роберт Робертович

*Старший преподаватель, Национальный
исследовательский университет «МИЭТ»
expert-economist@mail.ru*

Аннотация. В данной статье рассмотрены и проанализированы показатели устойчивости и возможность их применения в экспертных системах обнаружения предвестников отказов. Показатели основаны на общепринятых и широко описанных экономических показателях и ориентированы на применение в различных организациях и видах деятельности. Показатели разделены на три группы в зависимости от способа получения их значений, а именно путём: сопоставления значений общепринятых экономических показателей; сопоставления скорости изменения общепринятых экономических показателей (их первых производных); сопоставления ускорения изменения общепринятых экономических показателей (их вторых производных). Проанализирована возможность обработки данных показателей с применением общепринятых моделей нечеткого вывода.

Ключевые слова: показатели устойчивости, экспертная система, искусственный интеллект, автоматизированная система управления, предвестники отказов.

Применение экспертных систем нашло свое широкое распространение в текущей ситуации развития производства. Высокая степень неопределенности, связанная с отсутствием точной математической модели в процессах организации, а также невозможность определения их показателей в целях принятия решений, вынуждает использовать экспертных системы. Такие системы содержат нечеткую логику, преобразующую поданные входы (данные о текущей ситуации) в выходы системы. Экспертные системы можно применять на этапе выходного контроля для расчета управляющего воздействия на будущие периоды. Таким образом возможно обнаружение предвестников отказа систем, в том числе экономических, с применением экспертных систем.

Экспертные системы предполагают наличие в них параметров, обрабатываемых с помощью нечеткой ло-

гики. В качестве параметров могут быть выбраны различные показатели описываемого объекта или процесса.

В целях обнаружения предвестников отказа систем (в том числе экономических) могут быть использованы показатели устойчивости $X = (x_1, \dots, x_i)$. Количество таких показателей i зависит от типа системы и её обрачиваемости.

В основе показателей устойчивости организации лежат общепринятые и широко описанные экономические показатели, такие как:

- ◆ труд L , как фактор производства;
- ◆ капитал K , который находится как функция от труда: $K = f(L)$;
- ◆ оборотные средства W , которые находятся как функция от капитала: $W = f(K)$;

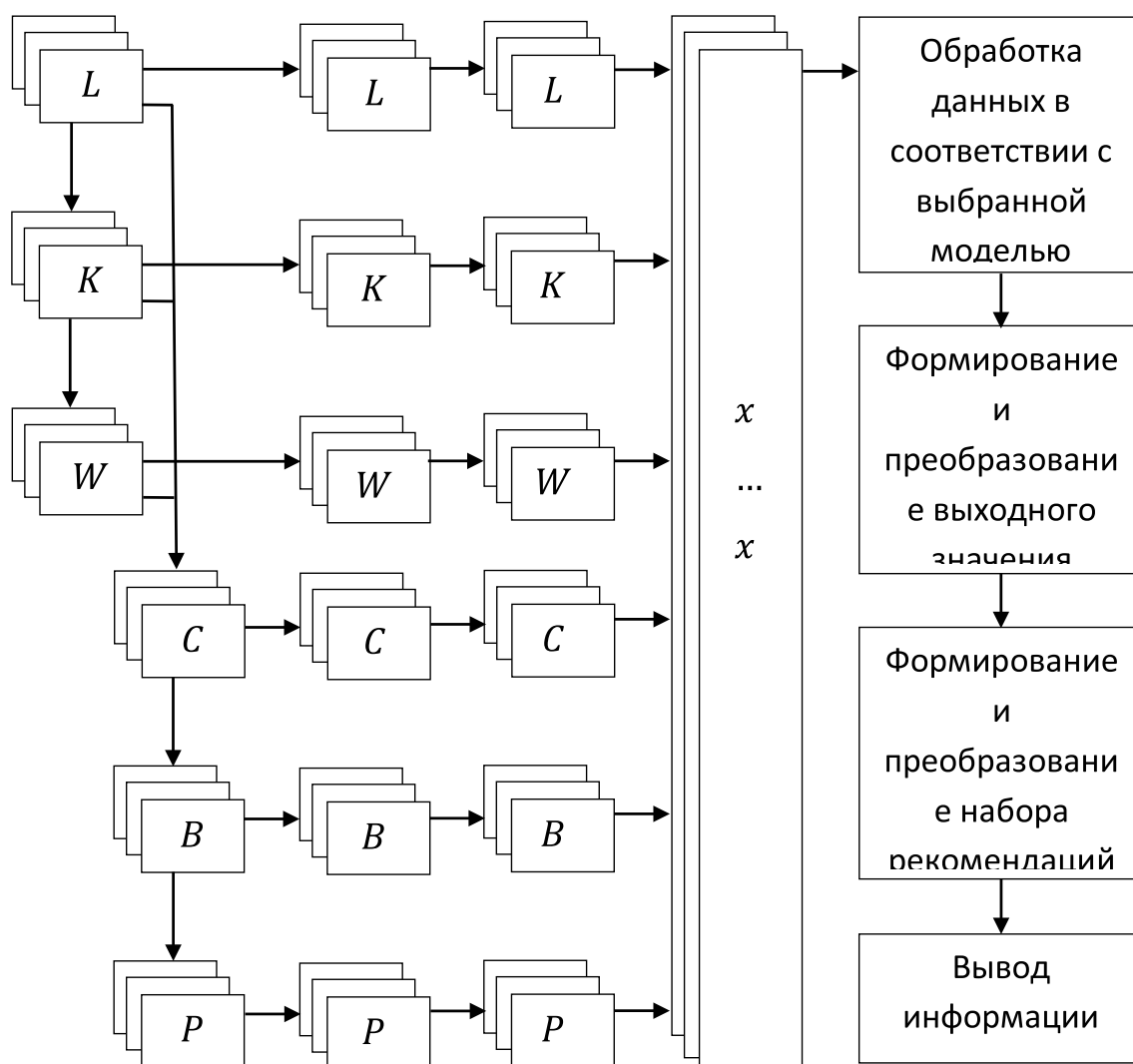


Рис. 1. Схема функционирования экспертной системы

- ◆ себестоимость C , которая находится как функция от труда, капитала и оборотных средств: $C = f(W, K, L)$;
- ◆ выручка B , которая находится как функция от себестоимости: $B = f(C)$;
- ◆ прибыль P , которая находится как функция от выручки: $P = f(B)$;

Показатели устойчивости могут быть получены путём:

- ◆ сопоставления значений общепринятых экономических показателей $x_i = f(L, K, W, C, B, P)$. Данные значения являются индикаторами состояния производства и системы на текущий момент времени, без привязки к темпам их развития;
- ◆ сопоставления скорости изменения общепринятых экономических показателей (их первых производных) $x_i = f(L', K', W', C', B', P')$. Показате-

ли этой группы свидетельствуют о тенденциях развития системы в долгосрочной перспективе или на несколько периодов;

- ◆ сопоставления ускорения изменения общепринятых экономических показателей (их вторых производных) $x_i = f(L'', K'', W'', C'', B'', P'')$. Ускорение показателей показывает состояние системы в расчёте на резкие, краткосрочные изменения.

Оценивая и сравнивая значения данных показателей между собой, можно судить об устойчивости системы в целом, как в долгосрочной, так и в краткосрочной перспективе. Однако для верного заключения необходимы экспертные знания конкретной предметной области, что приводит к сложности применения этих показателей на практике с использованием классических методов.

Данная проблема решается путём разработки и внедрения экспертной системы обнаружения предвестников отказов на основе показателей устойчивости. Целью данной системы является формирования заключения о вероятности отказа системы и набора рекомендаций по устранению (предотвращению) отказа по заданным значениям показателей, рассчитываемых за несколько периодов:

$$f(\{X\}_T, \dots, \{X\}_{-kT}) = f(\{(x_1, \dots, x_i)\}_T, \dots, \{(x_1, \dots, x_i)\}_{-kT}) = \{p, R\}$$

где f — функция, заложенная в экспертную систему; X — множество показателей устойчивости; T — период сбора значений параметров; k — индекс периода; x — показатель устойчивости; i — индекс показателя устойчивости; p — вероятность возникновения отказа; R — множество рекомендаций по отказам.

Вероятность потенциального отказа системы является основным выходом, по которому может быть принято решение о проведении мероприятий по его предотвращению. Однако не всегда имеется возможность квалифицировано выработать такие мероприятия. В связи с чем необходим дополнительный выход экспертной системы, а именно набор рекомендаций. Данный набор формируется экспертами при разработке базы знаний системы на этапе её настройки. Рекомендации могут быть направлены как на предотвращение возникновения отказа, так и на уменьшение его последствий (в соответствии с теорией управления рисками, которые в технических системах являются отказами). Примерами рекомендаций могут служить как акцентирование внимания на показатели и их значения или их несоответствие для управляемого процесса, так и экспертные предложения по улучшению или изменению в следующих факторах процесса и системы в целом:

- ◆ материалы, применяемые в рассматриваемом (управляемом) объекте или процессе;
- ◆ методы, на основе которых проводится выполнение процесса или которые заложены в структуре объекта;
- ◆ оборудование, применяемое в процессе или при обработке объекта;
- ◆ люди, участвующие в процессе или контактирующие с объектом;
- ◆ внешняя среда, влияющая на процесс или рассматриваемый управляемый объект.

С учётом описанных выше положений, возможно построение схемы функционирования экспертной системы, представленной на рис. 1.

Из схемы следует, что для нормального функционирования разрабатываемой экспертной системы возможно и достаточно применение общепринятых экономических показателей в качестве ее входов. Экспертная система должна содержать алгоритмы последовательного преобразования общепринятых экономических показателей в показатели устойчивости, а далее их обработку в выходную информацию о вероятности возникновения отказа системы с применением выбранной модели.

В качестве модели нечеткого вывода может быть применены следующие модели:

- ◆ Сугэно. Модель предполагает наличие линейной и зависимой от значений предпосылок нечетких правил функции принадлежности, что имеет ряд ограничений для внедрения и обработки данных в экспертной системе обнаружения предвестников отказа;
- ◆ Тсукамото. Для данной модели свойственно применение в качестве функций принадлежности монотонной функции: экспоненты, параболы, константы и т.д., что повышает сложность задания нечетких правил и параметров термов функций;
- ◆ Ларсена. Она предполагает перебор всех нечетких правил на этапе композиции с целью получения усеченной функции принадлежности, однако в ней применяется операция алгебраического произведения, что уменьшает точность расчета выходного параметра в рамках данной экспертной системы обнаружения предвестников отказа;
- ◆ Мамдани. В данной модели, так же как и в модели Ларсена, проводится перебор нечетких правил, однако при расчете используется функция минимума, что является лучшим вариантом для оценивания вероятности отказа по показателям устойчивости.

В ходе анализа было установлено, что показатели устойчивости, значения которых может быть получено в любой производственной среде, могут быть основой для построения экспертных систем обнаружения предвестников отказов. Данный факт позволяет применять данные системы в процессах организации без особых дополнительных операций. При этом в системе могут быть применены классические модели нечеткого вывода, что также расширяет возможности применения систем обнаружения предвестников отказов. Показатели устойчивости и экспертных данные об их значениях свидетельствуют о краткосрочных и долгосрочных перспективах рассматриваемого процесса или объекта, что повышает возможности их управления и прогнозирования рисков и отказов в них.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тихонов, М.Р. Принципы организации экспертной системы выявления предвестников отказов в микроэлектронном производстве // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. — 2022. — Т. 11. — № 3(59). — С. 15–18.
2. Хабибрахманова, А.Р. Анализ измерительных систем как инструмент повышения качества измерений / А.Р. Хабибрахманова, О.Ф. Вячеславова, И.Е. Парфеньева // В сборнике: НАУКА РОССИИ: ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ. сборник научных трудов по материалам VIII международной научной конференции. Международная Объединенная Академия Наук. — 2018. — С. 48–55.
3. Шилова, С.В. Композиция Мамдани в моделях нечеткого анализа как нечеткий аналог подстановок зависимостей / С.В. Шилова, О.Н. Бурмистрова // Современные наукоемкие технологии. — 2021. — № 10. — С. 102–107.
4. Синюк, В.Г. Анализ методов вывода на основе нечеткого значения истинности для нечетких логических моделей с MISO-структурой / В.Г. Синюк, С.В. Кулабухов // Искусственный интеллект и принятие решений. — 2020. — № 2. — С. 94–98.
5. Дроздов, К.Д. Функция принадлежности в дефектоскопии / К.Д. Дроздов, Г.Г. Кашеварова // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. — 2021. — Т. 1. — С. 26–34.
6. Хабибуллина, Е.Л. Нейро-нечеткие алгоритмы экспертной системы в задаче управления транспортными потоками / Е.Л. Хабибуллина, А.К. Погодаев // В сборнике: Гибридные и синергетические интеллектуальные системы. Материалы V Всероссийской Поспеловской конференции с международным участием. Под редакцией А.В. Колесникова. — 2020. — С. 384–392.
7. Гаджиев, Ф.Г. Алгоритм представления свойств объектов экспертной системы / Ф.Г. Гаджиев, Ф.И. Гулузаде // Международный научно-исследовательский журнал. — 2019. — № 4–1 (82). — С. 11–13.

© Тихонов Мартин Робертович (kurotenshi91@yandex.ru), Тихонов Роберт Робертович (expert-economist@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



МИЭТ