

Мусорин А.А. Трофименко И.В., Даки Е.А.

МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СУДОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

В данной статье проведен анализ методов прогнозирования технических параметров судового оборудования.

Также рассмотрены вопросы актуальности разработки новых методов технической эксплуатации оборудования на основе применения современных автоматизированных процедур определения периодичности и объему диагностирования.

Ключевые слова: *методы прогнозирования, технические параметры, судовое оборудование, надежность, инерционность, интенсивность.*

Вступление

Постановка проблемы. Теория прогнозирования насчитывает сотни различных методов, которые, в то же время, базируются на достаточно ограниченном числе подходов и моделей [1–8]. В основном это методы экстраполяции (линейной та не линейной), эмпирические и эвристические методы, а также методы на основе искусственного интеллекта. Наиболее применяемыми методами, учитывая их использование в программном обеспечении фирм, предназначенных для обработки данных является прогнозирование по последним значениям и математическим ожиданиям, скользящее среднее, экспонентное сглаживание и метод группового учета аргументов.

Формулирование целей статьи. Проанализируем указанные методы с точки зрения возможности прогнозирования технического состояния судового оборудования в условиях использования судов на трансокеанских рейсах.

Анализ методов прогнозирования. *Прогнозирование по последнему значению* [3-7]. Прогнозирование по последним отчетом, названное “ступенчатой экстраполяцией” либо же “экстраполяцией нулевого порядка”, состоит в том, что как предполагаемое значение $\hat{X}(t_0 + \theta)$ берется значение $X(t_0)$

$$\hat{X}(t_0 + \theta) = X(t_0). \quad (1)$$

Прогнозируемое значение в этом случае не зависит от временного интервала предвидения θ , предыстория подана только одной точкою – последним значением $X(t_0)$, вероятностные характеристики вовсе не учитываются.

Алгоритм прогнозирования, как следует из (1), состоит в умножении значения $X(t_0)$ – последнего отсчета на единицу, то есть не требует выполнения никаких вычислительных операций.

Таким образом, прогнозирование можно исполнять, ничего не зная о процессе, кроме его последнего значения, и не производя никаких вычислений. Ясно, что такая простота метода компенсируется снижением точности прогнозирования. Погрешность прогнозирования $e(t_0 + \theta) = X(t_0 + \theta) - \hat{X}(t_0 + \theta)$ в данном случае имеет вид $e(t_0 + \theta) = X(t_0 + \theta) - X(t_0)$, а ее средний квадрат, при $m_x=0$,

$$\bar{e}^2(\theta) = M \{ [\dot{X}(t_0 + \theta) - X(t_0)]^2 \} = \sigma_x^2 - 2R_x(\theta) + \sigma_x^2.$$

Средний квадрат погрешности предвидения растет от 0 при $\theta = 0$, в случае, когда $R(0) = \sigma_x^2$, до $2\sigma_x^2$ при $\theta = \infty$, когда $R(\infty) = 0$. Качество прогнозирования по этому алгоритму можно оценить только после сравнения его погрешности с погрешностями других алгоритмов. Простота этого способа обеспечила ему наибольшее применение.

Прогнозирование по математическим ожиданиям [5]. Прогнозирование по математическим ожиданиям заключается в применении математического ожидания процесса m_x как будущего прогнозируемого значения

$$\hat{X}(t_0 + \theta): \hat{X}(t_0 + \theta) = m_x.$$

Как и в предыдущем случае, предусмотренное значение здесь не зависит от термина прогноза θ . Но отличие заключается в том, что хоть и не требуется никакой информации насчет предыстории, нужны некоторые данные о особенностях процесса – а именно, его математического ожидания. Алгоритм прогнозирования не требует никаких вычислительных операций.

Погрешность прогноза для этого случая имеет вид $\bar{e}(\theta) = X(t_0 + \theta) - m_x$ и является отклонением процесса от среднего в момент $t_0 + \theta$.

Средний квадрат погрешности не зависит от времени прогноза и равняется дисперсии процесса

$$\bar{e}^2 = M\{[X(t_0 + \theta) - m_x]^2\} = \sigma_x^2.$$

На рис.1 совмещены зависимости \bar{e}^2 прогноза по последнему значению и прогноза по математическим ожиданиям. При малых значениях времени прогноза θ способ “последнего значения” лучше. Однако, после θ^* когда $\bar{e}^2(\theta) = \sigma_x^2$, способ “математическое ожидание” дает большую точность. Наконец, при $\theta \rightarrow \infty$ квадрат погрешности прогноза по среднему в два раза меньше, чем по последнему отчету.

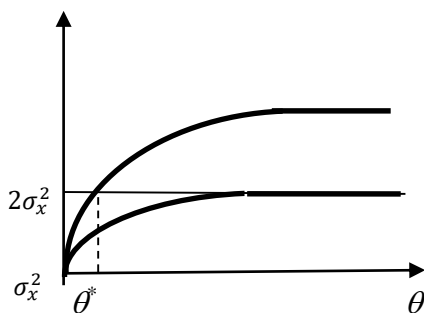


Рис. 1. Сравнительная оценка погрешностей методами “последнего значения” и “математического ожидания”

Скользящее среднее. Этот метод применяется для расчета значений в прогнозируемом периоде на основе среднего значения переменной для указанного числа предыдущих периодов. Скользящее среднее, в отличие от простого среднего для всей выборки, содержит данные про тенденции перемены данных. Процедура может быть использована для прогноза сбыта, инвентаризации и иных процессов.

Экспонентное сглаживание. Назначается для получения значения на основе прогноза для предыдущего периода, скорректированного с учетом погрешностей в этом прогнозе. Используются константы сглаживания α , по величине которой определяется, насколько сильно влияют на прогнозы погрешности в предыдущем прогнозе

$$\tilde{x}_{t+1} = \tilde{x}_t + \alpha(x_t - \tilde{x}_t). \quad (2)$$

Для константы сглаживания в (2) наиболее пригодным является значение от 0,2 до 0,3. Эти значения показывают, что погрешность текущего прогноза установлена на уровне 20 – 30 % погрешности предыдущего прогноза. Более высокие значения константы ускоряют отзыв, но могут и привести к неожиданным выбросам. Низкие значения константы могут привести к сдвигу аргумента для прогнозируемых значений.

МГУА - метод группового учета аргументов. В методе группового учета аргументов (МГУА) [6, 8] все вопросы оптимизации решаются при помощи перебора вариантов только на материале заданных последовательностей данных. Для выбора лучших вариантов используются эвристические критерии: по коэффициентам корреляции, по критерию разнообразия аргументов, по критерию обусловленностью матриц и, основное, – по критерию минимума среднеквадратической погрешность (минимума СКП). Минимум СКП применяется последовательно несколько раз для выбора переменных, которые необходимо оптимизировать. Все другие переменные являются вспомогательными, и их целью является лишь сокращение объема вычислений. Критерий минимума СКП применяется в МГУА в четырех местах:

- для вычисления значений соответствующих коэффициентов;
- для выбора лучших комбинаций пары аргументов;
- для определения величины порогов для эвристических граничных само отборов;
- для определения степени “полного” описания и выбору образующих его функций.

При стандартном регрессивном анализе находят значения коэффициентов полного уравнения, которые обеспечивают минимум СКП. МГУА обеспечивает такой отбор коэффициентов дифференциального уравнения, при котором достигается минимум СКП в пространстве этих коэффициентов.

Основные правила конструирования алгоритмов МГУА состоит в следующем. Полное описание объекта $\varphi = f_1(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$ стоит заменить несколькими выражениями.

$$y_1 = f_1(x_1, x_2), y_2 = f_1(x_1, x_3), \dots, y_m = f_1(x_{n-1}, x_n), \quad (3)$$

де $m = C_n^2$;

$$z_1 = f_1(y_1, y_2), z_2 = f_1(y_1, y_3), \dots, z_p = f_1(y_{m-1}, y_m), \quad (4)$$

де $p = C_m^2$.

Алгоритмы МГУА (3,4) конструируются таким образом, что удовлетворяют двум следующим условиям:

1. Функция f_1 – та же во всех уравнениях [6,7]. Исключая промежуточные переменные, можно получить аналог полного описания.

2. Аналог по виду должен отвечать полному описанию.

Разработчики метода определяют следующие основные преимущества МГУА:

- как правило, условия задачи такие, что не имеют в своем распоряжении достаточное число данных для определения коэффициентов нормальных уравнений Гаусса, в случае если используют полный полином непосредственно, без частичных полиномов;
- если учебная последовательность ограничена, то некоторые аргументы и промежуточные переменные являются излишними, что значит то, что точность возрастает, если от них избавиться;
- эту важную работу исполняют граничные само отборы переменных после каждого ряда селекции.

Основное преимущество МГУА – число оцениваемых параметров резко уменьшается, что уменьшает доверительные интервалы получаемых оценок, то есть приводит к повышению

точности оценивания. Ясно, что алгоритм прогноза, в котором учитываются как значения предыстории процесса, так и его вероятностные характеристики, будет точнее, чем другие.

Вместе с тем, алгоритм МГУА относится к классу статичных моделей, он не способен учитывать инерционность объекта, но достаточно отрабатывает нелинейности и многомерность. Другим недостатком алгоритма является то, что он не может быть использован вне статистических данных, то есть, для его реализации у любого случае необходимо некоторое количество предыдущей информации про поведение системы.

Другие, ранее рассмотренные алгоритмы, не учитывают зависимость прогнозируемой величины от других, уже известных факторов. То есть они вообще не используют никаких вспомогательных данных кроме последовательности значений прогнозируемого ряда.

Учитывая характер применения метода (прогнозирование перемен технических характеристик судового оборудования), как процесса со значительным последствием на область, которая может быть не охвачена статистикой, использования методов усматривается проблематичным. Следовательно, для прогнозирования перемен технического состояния необходимым будет использование других методов, которые охватывали бы как историю развития процесса, так и разрешали бы осуществлять прогноз на будущее с учетом этой истории и индивидуального поведения объекта.

Анализ, проведенный в [1-8] свидетельствует про наличие противоречий, которое состоит, с одной стороны, в необходимости повышения технической готовности судового оборудования к использованию по назначению и безотказности его функционирования. Для этого необходимым является совершение постоянного контроля над его функционированием и исполнение целого комплекса периодических проверок и диагностик. Вместе с тем такой подход существенно повышает стоимость эксплуатации оборудования и уменьшает общую рентабельность флота.

С другой стороны, попытки максимального удешевления морских транспортных перевозок, приводит к уменьшению количества контрольных мероприятий, упрощения их процедуры (регламентов) с перекладыванием максимального числа функций диагностики на технические средства. В таком аспекте, разработка новых методов технической эксплуатации оборудования, на основе применения современных автоматизированных процедур определения периодичности и объема диагностирования является актуальным.

Решение данного противоречия в практической плоскости состоит в переходе к диагностированию судового оборудования с учетом его технического состояния. Такой подход требует применения эффективных методов прогнозирования технического состояния оборудования.

Анализ методов прогнозирования технического состояния определяет необходимость дальнейшего их развития на базе математических моделей динамичных объектов, которым является процесс эксплуатации судового оборудования. Это подтверждает целесообразность и актуальность формирования методик создания таких моделей и их использования для прогнозирования. При этом требуют учета и такие свойства технических объектов как инерционность, не стационарность и многомерность входных возмущений при значительном последствии процессов.

Исходя из этого, в соответствии с поставленной целью касаясь повышения эффективности эксплуатации судового оборудования в условиях эксплуатации на трансокеанских рейсах возникает актуальное научно-прикладное задание касаясь разработки методики определения целесообразных интервалов технической диагностики судового оборудования при трансокеанских грузоперевозках.

Выводы. Опыт эксплуатации судов судоводных компаний свидетельствует, что принятый подход на основе планово-предупредительной системы технического обслуживания и ремонта приводит к значительного перерасхода материальных и денежных ресурсов. Кроме того, исполнение заранее предназначенных объемов работ в сфере технического обслуживания и ремонта в установленные календарные сроки в большинстве случаев не обеспечивает заданной надежности и приводит к росту послеремонтных отказов.

Перспективная система диагностического обеспечения суден должна использовать возможности традиционно измеряемых параметров рабочего процесса а также физические методы и средства диагностики с прогнозированием параметров технического состояния образцов оборудования.

Эффективность диагностической программы увеличивается, когда при том же содержании контрольных операций решаются задания прогнозирования перемен технического состояния оборудования в будущие моменты времени. Программа прогнозирования является основой реализации системы технического обслуживания судна по фактическому состоянию.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Постанова Кабінету Міністрів України від 7 жовтня 2009 р. № 1307 “Про затвердження Морської доктрини України на період до 2035 року” // Офіційний Вісник України. Офіційний веб-сайт Кабінету Міністрів України. 9 грудня 2009 р. № 94. Режим доступу: www.kmu.gov.ua.
2. Бутов А.С. Транспортные системы. Моделирование и управление / А.С. Бутов, Д.В. Гаскаров // – СПб.: Судостроение, 2001. – 236 с.
3. Гуменюк В.М. Надежность и диагностика электротехнических систем / В.М. Гуменюк // Владивосток: Изд-во Дальневост. гос. техн. ун-та, 2010. – 218 с.
4. Научные основы эксплуатации войсковых средств измерений / Под. ред. А.Г. Фунтикова// М.: Воениздат, 1988. – 240 с.
5. Богомоллов Ю.А. Метрологическая деятельность в современной концепции качества / Ю.А. Богомоллов, Д.И. Тверитилов // Измерительная техника. 2006. – № 5 – С. 7 – 18.
6. Навігаційне забезпечення управління рухом суден (навчальний посібник)/ [Богом'я В.І., Давидов В.С., Доронін В.В., Пашков Д.П., Тихонов І.В.]. – Вид. 1-е.– К.:ДВВП «Компас», 2012 – 336 с.
7. Богом'я В.І., Стадник О.І. Метод технічного діагностування обладнання/ В.І. Богом'я, О.І. Стадник //Новітні технології. – Збірник наукових праць Приватного вищого навчального закладу «Університет новітніх технологій». – К.: ПВНЗ «Університет новітніх технологій», 2016. – № 2(2). – С.57-61.
8. Кривенко Н.В., Кучерук С.М. Разработка метода адаптивного оптимального управления в системах с распределенными параметрами// Системи озброєння і військова техніка.– 2013. – Вип.2(34).– С.107–110.

Мусорін О.ОА. Трофіменко І.В., Дакі О.А.

МЕТОДИ ПРОГНОЗУВАННЯ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СУДНОВОГО ОБЛАДНАННЯ

В даній статті проведено аналіз методів прогнозування технічних параметрів суднового устаткування.

Також розглянуті питання актуальності розробки нових методів технічної експлуатації обладнання на основі застосування сучасних автоматизованих процедур визначення періодичності і обсягу діагностування.

Ключові слова: методи прогнозування, технічні параметри, суднове обладнання, надійність, інерційність, інтенсивність.

Musorin O., Trofimenko I., Daki O.

METHODS OF PROGNOSTICATION FOR DETERMINATION OF THE STATE TECHNICAL PARAMETERS OF SHIP EQUIPMENT

At this article the questions of actuality of development of new methods of technical exploitation of equipment on the basis of application of the modern automated procedures of determination of periodicity and volume of diagnosticating are considered.

Key words: *methods of prognostication, technical parameters, ship equipment reliability, persistence, intensity.*

Рецензент: д.т.н., профессор Богом'я В.І.

УДК 004.825

Низиенко Б.И., Бердник П.Г.

МЕТОД ФОРМАЛИЗАЦИИ ЗНАНИЙ ДЛЯ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ

В статье предложен метод формализации модальных высказываний с использованием математического аппарата нечетких множеств. Метод обеспечивает повышение достоверности результатов логического вывода при выработке решений в экспертных системах управления сложными объектами.

Разработанный метод позволит повысить описательные возможности разрабатываемых аппаратов формализации знаний, получать обобщенные результаты возможности решения задачи управления на всех этапах ее решения, что позволит строить гибкие процедуры решения задач управления в различных условиях неопределенности.

Ключевые слова: *формализации знаний, математический аппарат нечетких множеств, экспертные системы управления, процедуры*

Введение. При использовании формальных методов представления знаний о предметной области (ПО) [1] происходит потеря описательных возможностей естественного языка в силу ограниченных возможностей формальных методов представления знаний [2,3,4,5].

Так, при формализации знаний, возникает необходимость формализации и интерпретации формализованного представления естественных языковых выражений типа «Возможно существует...», «Необходимо что...», «Разрешено...» и других высказываний подобного рода, которые в литературе получили название модальные [4,5]. Отсутствие единого метода формализации знаний содержащих модальные операторы ограничивает применение их для формализации знаний и использования их в ЭС реального времени.

Таким образом, разработка метода формализации знаний содержащих модальные высказывания и процедуры интерпретации таких знаний является актуальной задачей, решение которой позволит проводить более полное описание знаний ПО и повысить качество решений задач принятия решений.

Анализ литературы. Способы формализации высказываний оперирующих модальными операторами описаны в работах [3,4,5,6,7].

Решение проблемы представления модальностей было предложено К.Льюисом в работе «Символическая логика» [5,6]. Введение формальных операторов \diamond - возможности и $\bar{\square}$ -