

УДК 004.8

В.Н. Смолий, д-р техн. наук, доц.,
Технологический институт Восточноукраинского национального университета им. В.Даля,
г. Северодонецк, Украина
dr.smoliy_v@ukrpost.net

Стохастическое управление процессом производства электронных аппаратов

В данной работе методом группового учета аргумента разработаны и исследованы математические модели управления конструкторской подготовки производства электронных аппаратов различного назначения, представляющие собой частные описания квадратичного типа первого и последующих рядов селекции полинома Колмогорова-Габор, которые позволяют синтезировать структуру и идентифицировать параметры разрабатываемой системы поддержки принятия решений.

Ключевые слова: стохастическая модель, управление, процесс производства, система поддержки принятия решений, фреймы.

Введение

Рассматривая критерий качества управления конструкторской подготовкой производства электронных аппаратов (эффективность управления), следует отметить наличие стохастической взаимосвязи между вероятностями проявления различного рода нежелательных эффектов и свойств у изготавливаемого изделия. С точки зрения устранения подобного рода нежелательных свойств и улучшения компоновки электронного аппарата применены соответствующие критерии компоновки, но с другой стороны не рассмотрен вопрос определения регрессионных зависимостей стохастических событий. Данного рода события возникают вследствие наличия зависимости вероятности причины отказа, сбоя, поломки, нарушения нормального функционирования и пр. от назначения производимого объекта и условий его эксплуатации [1].

Для данных ситуаций характерно то, что нежелательное проявление каждого из них моделируется предлагаемыми программно-техническими комплексами моделирования механических нагрузок электронного аппарата, однако устранение либо их самих, либо факторов их вызывающих носит явно выраженный стохастический характер. То есть на исключение нежелательных и вредных анализируемых факторов электронных аппаратов влияют целые группы воздействий или их последовательности, которые с определенной вероятностью исключают исследуемые составляющие.

Описание

К основным анализируемым составляющим блока электронного аппарата отнесен критерий компоновки блока электронного аппарата, бази-

рующийся на анализе продукции вида: устойчивость к механическим воздействиям блока электронного аппарата, рациональность подбора типа амортизаторов и вида системы виброизоляции, рациональность компоновки блока электронного аппарата. Из рассматриваемых продукции приоритет имеет первая, хотя она не является независимой и имеет взаимосвязи со второй.

Критерий качества управления конструкторской подготовкой производства блока электронного аппарата, являясь одной из основных составляющих разрабатываемой системы поддержки принятия решений, основан на исследовании следующих составляющих: надежность выпускаемого изделия, время протекания конструкторской подготовки производства опытного образца электронного аппарата, влияние субъективного фактора на параметры и свойства изготавливаемого изделия (исключение субъективного фактора), экономическая целесообразность внесения изменений в существующее управление конструкторской подготовкой производства блока электронного аппарата и его составляющих, управленческие выгоды и издержки. К доминантам рассматриваемых составляющих отнесена первая, взаимосвязанная со всеми остальными в некоторой корреляционной зависимости. Функциональная зависимость F между входными $X(i)$ и выходными $Y(i)$ параметрами модели управления неизвестна, причем неизвестна ни сама зависимость, ни предполагаемый ее вид. Поэтому в соответствии с методом группового учета аргумента, наиболее полная зависимость между входами $X(i)$ и выходами $Y(i)$ может быть представлена с помощью обобщенного полинома Колмогорова-Габор.

Описания первого ряда селекции претендентов строятся на тридцать одном виде управляющих воздействий для объема обучающей выборки

равной двадцати и объеме проверочной выборки составляющей десять исходов. Для каждой пары претендентов решается задача минимизации ошибки частного описания квадратичного типа методом наименьших квадратов. Для каждой пары претендентов определяются коэффициенты частного описания квадратичного типа и функция

ошибки. Все рассчитанные величины частных описаний квадратичного типа для обучающих выборок по управляющим воздействиям соответствующих рядов генерации претендентов и непосредственно результатов селекции сведены в табл. 1.

Таблица 1. Формирование частных описаний квадратичного типа первого ряда селекции для обучающих выборок по управляющим воздействиям

Коэффициенты	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	$\overline{\varepsilon^2}$	Переход
Сочетания								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\{X^{<0>}, X^{<1>}\}$	2.933×10^{-4}	-1.003×10^{-4}	2.079×10^{-3}	7.04×10^{-3}	-3.129×10^{-4}	-5.254×10^{-4}	0.013	-
$\{X^{<0>}, X^{<2>}\}$	9.875×10^{-6}	2.652×10^{-3}	8.998×10^{-3}	1.254×10^{-3}	-1.651×10^{-3}	-1.396×10^{-3}	8.82×10^{-3}	-
$\{X^{<0>}, X^{<3>}\}$	2.529×10^{-4}	-1.131×10^{-4}	-8.877×10^{-4}	6.575×10^{-3}	-3.385×10^{-4}	1.347×10^{-4}	0.01	-
...

Анализируя приведенные в табл. 1 величины, следует обратить внимание на тот факт, что частные описания первого и последующих рядов выбираем путем селекции кортежа претендентов, функциональная зависимость для которого ищется решением задач линейного программирования для обеспечения минимальной погрешности, то есть, на последующий этап отбора выбирается претендент с максимальной точностью.

Отдельно рассматривая случай достижения минимальной погрешности аппроксимирующего полинома за счет повторения уже учтенных в модели кортежей, следует обратить внимание на то, что для обеспечения простоты модели и исключения петель в селекции претендентов, исключаем из последующего рассмотрения отобранные ковариационные описания квадратичного типа.

Следует обратить внимание на обозначение составляющих частных описаний квадратичного типа. Метод группового учета аргумента применяется для генерации наиболее эффективного сценария управления конструкторской подготовкой производства электронного аппарата. Здесь производится анализ и селекция претендентов на включение управляющего воздействия в стохастическую модель управления конструкторской подготовкой производства.

Генерируем частные описания рядов с идентификацией параметров статистических моделей и оценкой погрешности до тех пор, пока не будет выполнено условие соответствия величины критерия точности для наилучших моделей (m-1)-го и m-го ряда селекции соответственно. При его выполнении осуществляется останов, обратная замена переменных и непосредственно формирование модели.

Обучение разрабатываемой системы поддержки принятия решений конструкторской под-

готовки производства электронных аппаратов выполняется для того, чтобы после определения эффективности управления конструкторской подготовкой производства электронного аппарата исследуемой классификационной группы, разрабатываемая система предложила оптимальный сценарий достижения свойств, параметров, компоновки, вибрационной и резонансной устойчивости электронного аппарата. В качестве структуры разработанной системы поддержки принятия решений конструкторской подготовки производства электронных аппаратов выступает шестинейронный перцептрон, нейроны которого имеют активационную функцию в виде единичного скачка [2, 3].

На тридцать один вход нейронной сети подаются входные сигналы, поступающие далее по синапсам на шесть нейронов, которые образуют единственный слой. На выходах сети формируются сигналы:

$$y_j = f \left(\sum_{i=1}^{31} x_i \cdot w_{ij} \right), \quad (1)$$

где $j = 1 \dots 6$ – количество классов электронных аппаратов, f – функция активации, x_i – компонент вектора управляющих воздействий, w_{ij} – вес синапса.

Весовые коэффициенты синапсов одного слоя нейронов сведены в матрицу W , в которой каждый элемент w_{ij} задает величину i -ой синаптической связи j -го нейрона. Таким образом, процесс, происходящий в нейронной сети, в матричной форме имеет вид:

$$Y = F(X \cdot W), \quad (2)$$

где X, Y – соответственно входной и выходной векторы, $F(S)$ - активационная функция, применяемая поэлементно к компонентам вектора S .

Для обучения нейронной сети был применен следующий алгоритм обучения с учителем.

Шаг 1. Инициализация элементов весовой матрицы случайными значениями.

Шаг 2. Подача на вход одного из входных векторов, которые сеть должна научиться различать, и вычисление ее выхода.

Шаг 3. Если выход правильный, то перейти к шагу 4. Иначе вычислить разницу между требуемым и полученным значениями выхода:

$$\delta = d - Y. \quad (3)$$

Модифицировать веса в соответствии с формулой:

$$w_{ij}(t+1) = w_{ij}(t) + \eta \cdot \delta \cdot x_i. \quad (4)$$

где $t, (t+1)$ – номера текущей и следующей итераций, η – коэффициент скорости обучения, $0 < \eta < 1$, i – номер входа, j – номер выхода.

Шаг 4. Выполнять цикл с шага 2, пока сеть не перестанет ошибаться.

Сходимость процедуры обучения нейросети устанавливается следующими теоремами [4].

Теорема 1. Класс элементарных персептронов, для которых существует решение для любой задуманной классификации, не является пустым.

Теорема 2. Если для некоторой классификации решение существует, то в процессе обучения персептрона с коррекцией ошибок, начинающегося с произвольного исходного состояния, это решение будет достигнуто в течение конечного промежутка времени.

В результате функционирования пакета моделирующих программ были получены следующие веса синапсов нейросети разрабатываемой системы поддержки принятия решений, приведенные в табл. 2.

Для проверки правильности обучения построенной нейронной сети в нейроимитаторе предусмотрены специальные средства ее тестирования. В сеть вводится некоторый сигнал, который не совпадает ни с одним из входных сигналов примеров обучающей выборки [5]. Далее анализируется полученный выходной сигнал сети.

Таблица 2. Веса синапсов нейросети

O1	O2	O3	O4	O5	O6
$w_{41} = 5.943 \cdot 10^{-2}$	$w_{12} = 2.878 \cdot 10^{-3}$	$w_{33} = 4.683 \cdot 10^{-2}$	$w_{24} = 4.953 \cdot 10^{-2}$	$w_{55} = 5.558 \cdot 10^{-2}$	$w_{56} = 6.843 \cdot 10^{-2}$
$w_{51} = 9.138 \cdot 10^{-3}$	$w_{32} = 7.348 \cdot 10^{-3}$	$w_{133} = 4.822 \cdot 10^{-2}$	$w_{94} = 6.394 \cdot 10^{-3}$	$w_{85} = 2.033 \cdot 10^{-2}$	$w_{66} = 2.556 \cdot 10^{-2}$
$w_{81} = 8.151 \cdot 10^{-2}$	$w_{102} = 5.263 \cdot 10^{-3}$	$w_{163} = 0.223 \cdot 10^{-2}$	$w_{174} = 6.904 \cdot 10^{-3}$	$w_{95} = 3.904 \cdot 10^{-3}$	$w_{116} = 3.943 \cdot 10^{-2}$
$w_{101} = 1.81 \cdot 10^{-2}$	$w_{112} = 2.843 \cdot 10^{-3}$	$w_{213} = 1.242 \cdot 10^{-2}$	$w_{184} = 6.394 \cdot 10^{-2}$	$w_{145} = 8.037 \cdot 10^{-2}$	$w_{126} = 2.374 \cdot 10^{-2}$
$w_{201} = 9.66 \cdot 10^{-3}$	$w_{192} = 9.239 \cdot 10^{-2}$		$w_{304} = 3.230 \cdot 10^{-3}$	$w_{155} = 5.035 \cdot 10^{-3}$	$w_{156} = 5.495 \cdot 10^{-2}$
	$w_{212} = 3.092 \cdot 10^{-3}$			$w_{225} = 6.753 \cdot 10^{-3}$	$w_{216} = 7.823 \cdot 10^{-2}$
	$w_{242} = 6.932 \cdot 10^{-3}$			$w_{235} = 2.645 \cdot 10^{-4}$	
	$w_{272} = 5.633 \cdot 10^{-3}$			$w_{265} = 0.549 \cdot 10^{-3}$	
	$w_{292} = 9.293 \cdot 10^{-3}$			$w_{295} = 3.934 \cdot 10^{-3}$	

Тестирование обученной сети было проведено на тестовых выборках, не пересекающихся с обучающими. Тестовые выборки были построены для каждого из типов электронных аппаратов.

Таким образом, было произведено обучение системы поддержки принятия решений конструкторской подготовки производства электронных аппаратов, произведено тестирование и предварительная апробация применения разработанной системы в конструкторской подготовке производства электронных аппаратов.

В результате обучения разработанной системы поддержки принятия решений конструкторской подготовки производства электронных аппаратов выдается список рекомендаций по управлению компоновкой электронного аппарата, обеспечивающее оптимальные сценарии достижения необходимых свойств, параметров, компоновки, вибрационной и резонансной устойчивости электронного аппарата.

Анализ тестирования разработанной системы поддержки принятия решений конструкторской подготовки производства электронных аппаратов показал, что способности системы по выработке качественных рекомендаций приближаются к способности экспертов (87,6% правильных рекомендаций), параметры интерфейса ввода-вывода соответствуют требованиям экспертов (организация постоянного двустороннего дружественного взаимодействия).

Заключение

В данной работе методом группового учета аргумента разработаны и исследованы математические модели управления конструкторской подготовки производства электронных аппаратов различного назначения, представляющие собой частные описания квадратичного типа первого и последующих рядов селекции полинома Колмо-

горова-Габора, которые позволяют синтезировать структуру и идентифицировать параметры разрабатываемой системы поддержки принятия решений. Произведено обучение разработанной системы поддержки принятия решений на основании алгоритма обучения с учителем шестинейронного персептрона, нейроны которого имеют

активационную функцию в виде единичного скачка. Результаты обучения позволили протестировать и произвести предварительную апробацию применения разработанной системы поддержки принятия решений в конструкторской подготовке производства электронных аппаратов.

Список литературы

1. Ульшин В.А. Автоматизированное управление подготовкой производства электронных аппаратов / В.А. Ульшин, В.Н. Смолий // Вестник Херсонского национального технического университета. - 2011. - № 2(41). - С. 416 - 420.
2. Vitaly Ulshin. Automated management by designer preparation of production of electronic vehicles/ Vitaly Ulshin, Victoria Smoliy // ТЕКА Ком. Mot. I Energ. Roln. - 2011. - 11А. - P. 276 - 281.
3. Смолий В.Н. Подсистемы СППР автоматизированного управления конструкторской подготовкой производства электронных аппаратов в машиностроении // Прогресивні технології і системи машинобудування: Міжнародний зб. наукових праць. - 2012. - Вип. 1, 2 (43). - С. 272 - 277.
4. Смолий В.Н. Синтез и исследование критерия компоновки типового элемента замены электронного аппарата / В.Н. Смолий // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія «Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка» (ІКОТ - 2012). - 2012. - Вип. 15 (203). - С. 203 - 208.
5. Vitaly Ulshin. Mathematical design and operations of electronic vehicles management and introduction of results of researches in an educational process / Vitaly Ulshin, Victoria Smoliy, Yaroslav Fomyn // ТЕКА. Commission of motorization and energetics in agriculture. - 2012. - Vol. 12, №4. - P. 285 - 289.

Надійшла до редакції 09.04.2013

В.М. СМОЛІЙ

Технологічний інститут Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля

СТОХАСТИЧНЕ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ ВИРОБНИЦТВА ЕЛЕКТРОННИХ АПАРАТІВ

В даній роботі методом групового обліку аргументу розроблені і досліджені математичні моделі управління конструкторською підготовкою виробництва електронних апаратів різного призначення, які являють собою часткові описання квадратичного типу першого і подальших рядів селекції полінома Колмогорова-Габора, які дозволяють синтезувати структуру і ідентифікувати параметри системи підтримки прийняття рішень.

Ключові слова: стохастична модель, управління, процес виробництва, система підтримки прийняття рішень, фрейми.

V.N. SMOLIY

Technological Institute of Volodymyr Dahl East-Ukrainian National University

STOCHASTIC CONTROL OF ELECTRONIC VEHICLES PRODUCTION PROCESS

In this paper the mathematical models of electronic vehicles designer preproduction control were developed and studied using group method of data handling. The models are quadratic-type private descriptions of the first and subsequent selection series of Kolmogorov-Gabor polynomial and allow synthesizing the structure and identifying the parameters of the developed system of decision making support.

The criterion of electronic vehicle block arrangement was referred to the basic analysable constituents of an electronic vehicle block. The following parameters were analysed: mechanical effect resistance of the electronic vehicle block, rationality of selection of the type of shock absorbers and the type of the vibroisolation system, rationality of electronic vehicle block arrangement.

The developed system of decision making support was trained using a training algorithm with a teacher of six neuron perceptron, the neurons of which have an activating function as a single jump. Training results helped to perform testing and preliminary approbation of the developed decision making support system in designer preproduction of electronic vehicles.

The testing of the trained network was made on test samples. The test samples were made for each particular type of electronic vehicles. The analysis of testing showed rather high percentage of correct recommendations and the presence of permanent bilateral friendly cooperation in the developed system.

Key words: stochastic model, control, production process, decision making support system, frames.